



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SASSARI

SCUOLA DI DOTTORATO IN

**RIPRODUZIONE, PRODUZIONE, BENESSERE ANIMALE E SICUREZZA
DEGLI ALIMENTI DI ORIGINE ANIMALE**

Direttore Prof. Giovanni Garippa

***INDIRIZZO IN: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale
(XXIV CICLO)***

(coordinatore: prof. Basilio Remo Floris)

**Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione
delle performance produttive del suino
Nero Siciliano.**

**Effetti del tenore in fibra della dieta sugli
indici zootecnici e sulla qualità della carne**

Docente Guida

Chiar.^{mo} Prof. Alessandro Zumbo

Tutor

Chiar.^{mo} Prof. Luigi Liotta

Direttore

Chiar.^{mo} Prof. Giovanni Garippa

Tesi di dottorato della

Dott.^{ssa} Dora Sciacca

ANNO ACCADEMICO 2010 - 2011

INDICE

Abstract

Cronogramma delle attività

Pubblicazioni tematiche prodotte

1 INTRODUZIONE	1
1.1 La fibra	2
<i>1.1.1 Definizione di fibra</i>	2
<i>1.1.2 Proprietà fisico-chimiche della fibra</i>	5
<i>1.1.3 Metodiche analitiche per la determinazione del contenuto in fibra degli alimenti zootecnici</i>	6
1.2 Fermentazione della fibra alimentare	10
<i>1.2.1 Popolazione microbica e salute intestinale</i>	10
<i>1.2.2 Fermentazione</i>	12
<i>1.2.3 Digestione ed utilizzazione della fibra nel suino</i>	13
1.3 Digeribilità ed energia	17
<i>1.3.1 Utilizzo dell'energia</i>	17
<i>1.3.2 Digeribilità</i>	18
1.4 Influenza della fibra sulla digeribilità delle proteine ed escrezione di azoto	19
<i>1.4.1 Digeribilità delle proteine</i>	19
<i>1.4.2 Escrezione urinaria di azoto</i>	21
<i>1.4.3 Escrezione fecale di azoto</i>	22
1.5 Effetti dell'assunzione di fibra	23
1.6 I vantaggi della fibra nell'alimentazione del suino	25
1.7 Importanza della fibra nell'allevamento biologico	28

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

2 OBIETTIVO	38
3 MATERIALI E METODI	40
3.1 Location	40
3.2 Animali e diete	40
3.3 Rilievi	42
<i>3.3.1 Rilievi in vitam</i>	42
<i>3.3.2 Rilievi alla macellazione</i>	43
3.4 Analisi	44
<i>3.4.1 Analisi Fisiche</i>	44
<i>3.4.2 Analisi Chimiche</i>	47
<i>3.4.3 Composizione acidica</i>	47
<i>3.4.4 Indice di Aterogenicità</i>	48
<i>3.4.5 Indice di Trombogenicità</i>	48
3.5 Analisi statistica	50
4 RISULTATI E DISCUSSIONE	52
4.1 Rilievi <i>in vitam</i>	52
4.2 Rilievi alla macellazione	53
4.3 Caratteristiche fisiche e nutrizionali della carne	54
5 CONCLUSIONI	56
6 BIBLIOGRAFIA	65

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

Effect of fibre level on some performance traits and meat quality on

Nero Siciliano pigs

The study was carried out on 40 Nero Siciliano fattening pigs, 20 castrated males and 20 females, divided into two homogeneous groups called Moderate Fibre (MF) and High Fibre (HF), rearing in indoor conditions. The trial lasted 105 days. Two diets were formulated to contain two different levels of Neutral Detergent Fibre (NDF): 183 g kg⁻¹ NDF (MF) and 418 g kg⁻¹ NDF (HF). The different level of dietary fibre was obtained by administration of meadow hay to the animals of HF group. The quantities of daily NDF intake were for the MF group of 275 g/head/d and for the HF group 1,025 g/head/d, while the quantities of daily CP intake were of 250 g/head/d for each group. Every thirty-six days, the productive performance of the pigs were recorded. At slaughter, Carcass traits were measured and the Compactness Index was calculated. At 24 hours *post mortem* from the left half-carcass of each animal, one sample of *Longissimus lumborum* muscle was taken and the physical, chemical and acidic composition were determined. The HF group

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

showed significant lower values for Final Live Weight (MF 110.25 kg vs. HF 99.56 kg; $P=0.014$) and ADG (MF 260 g/d vs. HF 163 g/d; $P=0.008$) and significant higher values for Feed Conversion Ratio (MF 6.17 kg/kg vs. HF 14.76 kg/kg; $P=0.0005$). The MF group showed, as expected, a better Compactness Index (MF 1.12 kg/cm vs. HF 0.95 kg/cm; $P=0.003$). No significant differences were observed for the physical, chemical and acidic composition of the meat.

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

Cronogramma delle attività

Attività	Nov. 2008	Dic. 2008	Gen. 2009	Feb. 2009	Mar. 2009	Apr. 2009	Mag. 2009	Giu. 2009	Lug. 2009	Sett. 2009	Ott. 2009	Nov. 2009	Dic. 2009	Lug. 2011	Sett. 2011	Ott. 2011	Nov. 2011
<i>Ricerca Bibliografica</i>																	
<i>Stesura Progetto</i>																	
<i>Formulazione diete</i>																	
<i>Allevamento sperimentale</i>																	
<i>Macellazione</i>																	
<i>Determinazione analitiche</i>																	
<i>Elaborazione statistica</i>																	
<i>Stesura Tesi</i>																	

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

PUBBLICAZIONI TEMATICHE PRODOTTE

1. Liotta L., Madonia G., D'Alessandro E., **Sciacca D.**, Tomasello M., Tranchida M., Chiofalo V. (2009). Effect of two different levels of dietary fibre on performances and feed digestibility of Nero Siciliano fattening pig. *13° International Congress of the European Society of Veterinary and Comparative Nutrition*, Oristano, 15-17 October. Pp. 145 (Abstract).
2. Chiofalo B., D'Alessandro E., Madonia G., Tomasello P., **Sciacca D.**, Termerissa F., Liotta L. (2009). The influence of dietary fibre level on the physical and chemical characteristics of *Longissimus lumborum* muscle of Nero Siciliano fattening pig. *13° International Congress of the European Society of Veterinary and Comparative Nutrition*, Oristano, 15-17 October. Pp. 146 (Abstract).
3. **Sciacca D.**, D'Alessandro E., D'Angelo G., Chiofalo V. (2011). Foraggi nell'alimentazione del suino. Qualità e performance produttive della carne del Nero Siciliano. *Rivista Suinicoltura*, n.5 maggio 2011.

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

1 INTRODUZIONE

La seconda metà del XX secolo ha visto un forte aumento dell'allevamento suino (*Sus scrofa*) e quindi delle sue produzioni. L'intensificazione delle tecniche di allevamento ed il miglioramento genetico hanno portato alla riduzione dei costi di produzione. Tuttavia, il sistema di allevamento intensivo ha causato un accumulo di nitrati e di fosforo destando serie preoccupazioni per il benessere degli animali e per la salute umana.

Negli ultimi 15 anni, sono state proposte diverse soluzioni per affrontare tali problematiche. Si è cercato, infatti, di formulare diete che meglio soddisfano i requisiti della specie suina o contribuiscono a ridurre i cattivi odori e l'escrezione di sostanze inquinanti. Particolare attenzione è stata rivolta alla fibra alimentare, per la sua capacità di ridurre le emissioni di ammoniaca (Nahm, 2003; Aarnink *et al.*, 2007), per migliorare la salute dell'intestino (Williams *et al.*, 2001; Montagne *et al.*, 2003) ed il benessere animale (Meunier-Salaun, 1999; Courboulay *et al.*, 2001), nonostante l'assunzione di elevate quantità di fibra abbia un impatto negativo sulle performance, sia *in*

vitam che alla macellazione a causa della minore digeribilità (Noblet *et al.*, 2001).

1.1 La fibra

1.1.1 Definizione di fibra

La "*fibra alimentare*" è comunemente definita come tutti i polisaccaridi e la lignina che sono resistenti all'idrolisi da parte delle secrezioni digestive umane (Trowell, 1976). Questa definizione viene anche comunemente utilizzata per tutte le specie animali, ruminanti e non, tra cui il suino. La fibra copre una vasta gamma di carboidrati noti come polisaccaridi non amidacei che includono pectine, cellulosa, emicellulosa, β -glucani e fruttani. Anche gli oligosaccaridi e l'amido resistente sono considerati parte della frazione fibra. Come mostrato in tabella 1, l'idrolisi di questi carboidrati produce pentosi, esosi e acido urico (Chesson, 1995).

Table 1. Classification of common non-digestible carbohydrates — *Classification des hydrates de carbone non-digestibles les plus courants.* (Chesson, 1995; Bach Knudsen, 1997; Montagne et al., 2003; Sajilata et al., 2006).

Type of carbohydrate	Constituent monomers	Solubility, water holding capacity	Common sources in pigs diets
Oligosaccharides, 3 < DP < 10			
Fructo- and galacto-oligosaccharides	Fructose, galactose, glucose	+	Soybean meal, peas, rapeseed meal, cereal, milk products
Polysaccharides, 10 < DP			
<i>Starch</i>			
Physical inaccessible starch (RS1)	Glucose	-	Whole or partly milled grains and seeds, legumes
Crystalline resistant granules (RS2)	Glucose	-	Raw potato, sweet potato, some legumes, plantain, high amylose maize
Retrograded amylose (RS3)	Glucose	-	Cooled heat-treated starchy products
<i>Non starch polysaccharides (NSP)</i>			
Cellulose	Glucose	-	Most cereal, legumes and forages, plant cell wall
Hemicellulose	Glucose, rhamnose, xylose, galactose, fucose, arabinose	+/-	Cereal, legumes hulls
β-glucans	Glucose	+	Barley, oats, rye
Pectins	Uronic acids	+	Fruits, chicory and sugar beet pulp
Fructans and inulins	Fructose, glucose	+	Yam, rye, Jerusalem artichoke, chicory

DP : degree of polymerisation.

Le proprietà fisiologiche dei polisaccaridi non amidacei e la loro fermentescibilità sono poco prevedibili dalla composizione dei monomeri ma sono più legati alla loro solubilità, viscosità, struttura fisica e capacità di trattenere acqua (Asp, 1996).

L'amido è suscettibile all'idrolisi da parte degli enzimi salivari e del pancreas. Tuttavia, l'idrolisi non è sempre completa (Sajilata et al., 2006).

Una parte dell'amido, chiamato "amido resistente", sfugge la digestione nell'intestino tenue e raggiunge l'intestino crasso a causa della sua diversa struttura (RS1, RS2, RS3) (tabella 1). L'amido

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

resistente è quindi considerato parte della frazione fibra (Chesson, 1995).

La fibra alimentare si divide in due grandi classi: fibra solubile e fibra insolubile (www.nutrizione.com).

La *fibra solubile*, fermentabile, ha proprietà chelanti, ovvero tende a formare un composto gelatinoso all'interno del lume intestinale; questo gel che si viene a formare aumenta la viscosità del contenuto con conseguente rallentamento dello svuotamento intestinale. Tuttavia le sue proprietà chelanti fanno sì che essa interferisca con l'assorbimento di alcuni macronutrienti (glucidi e lipidi) riducendo i livelli di colesterolo nel sangue e diminuendo il rischio di malattie cardiovascolari. Sono fibre solubili i galattomannani, le pectine, le gomme e mucillagini.

La *fibra insolubile*, non fermentabile, assorbe rilevanti quantità di acqua aumentando il volume delle feci, che si fanno abbondanti, poltacee e più morbide. Questo permette di stimolare la velocità di transito nel lume intestinale, di conseguenza, diminuire l'assorbimento dei nutrienti. Questo spiega perché la fibra solubile abbia, al contrario di quella insolubile, più azione costipante che

Dora Sciacca,

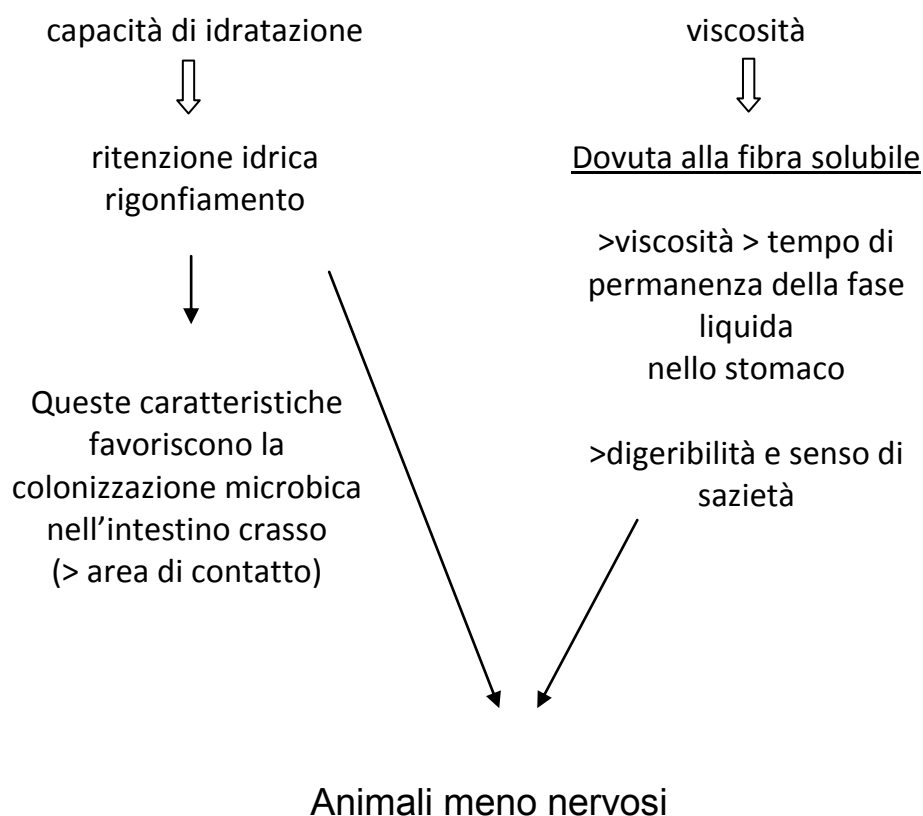
Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

lassativa (a meno che non venga assunta insieme a grosse quantità di liquidi). Sono fibre insolubili la cellulosa, parte delle emicellulose e la lignina presenti principalmente nella crusca di cereali.

1.1.2 Proprietà fisico-chimiche della fibra

Le principali proprietà fisico-chimiche con significati nutrizionali:



Pur con un ridotto apporto nutritivo, il foraggio sazia gli animali evitando disturbi comportamentali e situazioni fisiologicamente

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

stressanti; quando viene somministrato i suini si comportano in modo decisamente più tranquillo (Giannone, 2002).

1.1.3 Metodiche analitiche per la determinazione del contenuto in fibra degli alimenti

La parete delle cellule vegetali è costituita prevalentemente da cellulosa, emicellulosa e lignina. Esistono due principali metodiche per isolare la parete cellulare ovvero la fibra degli alimenti ad uso zootecnico: la metodica Wendee per la determinazione della fibra grezza (FG) e la metodica Van Soest per la determinazione delle Frazioni Fibrose (fibra neutro detersa (NDF), fibra acido detersa (ADF), lignina acido detersa (ADL)).

Metodo Wendee

Il metodo ufficiale universalmente utilizzato è quello di Wendee.

Principio del metodo:

- ✓ una aliquota dell'alimento macinato viene trattata all'ebollizione per 30 min. con una soluzione di acido solforico 0,26 N;

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

- ✓ dopo filtrazione e lavaggio del residuo con acqua bollente questo viene trattato all'ebollizione per 30 min. con una soluzione di KOH 0,23 N;
- ✓ successivamente si filtra, si lava con acqua bollente e si secca il residuo in stufa a 103°C per 12 ore;
- ✓ si pesa e si incenerisce il campione in muffola a 550°C per 4 ore, si pesa di nuovo;
- ✓ la differenza tra le due pesate costituisce la fibra grezza del campione.

Questo metodo sottostima il reale contenuto in fibra dell'alimento perché 50-90% della lignina, 0-50% della cellulosa e fino 85% delle emicellulose possono essere solubilizzati e quindi non dosati come fibra grezza.

Metodo Van Soest

Il sistema delle frazioni fibrose secondo Van Soest consente una migliore classificazione dei costituenti delle pareti cellulari.

Principio del metodo:

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

- ✓ NDF. Una aliquota dell'alimento macinato viene trattata con una soluzione contenente un detergente neutro (sodio laurilsolfato) all'ebollizione per 1 ora, si essicca in stufa il residuo e si pesa; quindi si incenerisce in muffola e si pesa; la differenza fra le due pesate, rapportata al peso del campione, costituisce l'NDF.
- ✓ ADF. Una aliquota dell'alimento macinato viene trattata con una soluzione contenente il detergente (bromuro di cetil-trimetilammonio) in acido solforico 1 N, all'ebollizione per 1 ora; si filtra, si essicca in stufa il residuo e si pesa; questo residuo costituisce l'ADF.
- ✓ ADL. Il residuo dell'ADF viene trattato con acido solforico al 72% a freddo per 3 ore. Si lava, si essicca in stufa il residuo e si pesa; quindi si incenerisce in muffola e si pesa di nuovo; la differenza tra le due pesate costituisce l'ADL.

Il metodo NDF consente di separare i costituenti fibrosi delle pareti cellulari vegetali, e cioè: cellulosa, emicellulose, lignina, dal materiale cellulare solubile rappresentato da zuccheri, acidi organici, sostanze azotate proteiche e non proteiche, lipidi, sali minerali solubili.

All'analisi NDF sfuggono le pectine, che vengono solubilizzate, anche se sono intimamente legate alla parete cellulare.

L'NDF dà idea della voluminosità e dell'ingombro ruminale; è inversamente correlata all'ingestione; nella pianta aumenta proporzionalmente alla sua maturazione; è in parte assimilabile alla fibra grezza "secondo Wendee" ($NDF > FG$).

Il metodo ADF consente di determinare un residuo fibroso costituito da cellulosa, emicellulose, lignina, cutina e silice. La differenza tra NDF-ADF dà una stima delle emicellulose. È correlata negativamente alla digeribilità, è usata per calcolare l'energia netta; aumenta con lo stadio di maturazione della pianta.

Il metodo ADL consente di determinare la lignina, al netto delle ceneri.

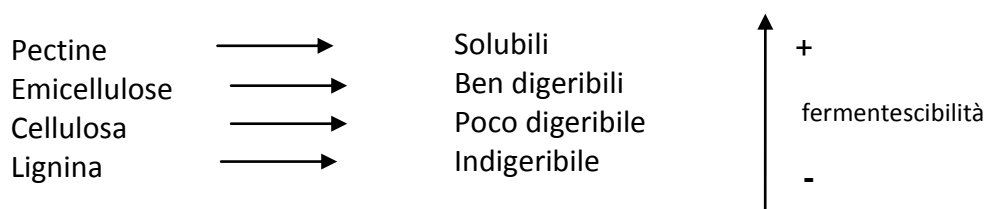
Importanti sono i rapporti fra le diverse frazioni in quanto a bassi contenuti di lignina (ADL) e di Cellulosa e lignina (ADF) corrisponde un elevato apporto di emicellulosa vale a dire zuccheri facilmente degradabili dai batteri. Al contrario, un elevato contenuto di lignina ADL rappresenta un elemento generalmente negativo in quanto tale componente non viene utilizzato ai fini energetici dagli animali.

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

La lignina può inoltre ricoprire e “incrostare” la cellulosa e l’emicellulosa rendendole indisponibili per la fermentazione batterica. In generale, l’NDF è la componente meno degradabile fra i costituenti del foraggio per cui dal suo contenuto nella dieta e dalla sua qualità, intesa come digeribilità, dipendono in larga misura le cinetiche di degradazione della razione.



1.2 Fermentazione della fibra alimentare

1.2.1 Popolazione microbica intestinale e salute degli animali

La fibra alimentare, che sfugge alla digestione del comparto gastrico e del piccolo intestino, è potenzialmente disponibile per la fermentazione batterica nell'intestino crasso. La concentrazione di batteri anaerobici del tratto gastro-intestinale del suino è di 7-8 CFU.g⁻¹ nello stomaco e nell'intestino tenue e di 10-11 CFU.g⁻¹ nel grande intestino (Jensen et al., 1994).

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

Circa il 90% dei batteri presenti nel colon del suino sono anaerobi Gram-positivi, appartenenti al genere *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Eubacterium*, *Clostridium* e *Peptostreptococcus*. I Gram-negativi rappresentano circa il 10% della flora totale e appartengono ai gruppi di *Bacteroides* e *Prevotella* (Robinson et al., 1984; Leser et al., 2002).

La microflora intestinale di animali sani è soggetta a modifiche a seconda della dieta; la presenza di fibra sembra giocare un ruolo importante (Awati et al., 2005). L'influenza della fibra come prebiotico è stata studiata nell'uomo e negli animali monogastrici. Si è osservato che Oligofruttosio, galatto-oligosaccaridi e lattulosio aumentano i bifidobatteri e lattobacilli nel grosso intestino dell'uomo (Macfarlane et al., 2006). È stato dimostrato che l'aggiunta di gomma di guar o di cellulosa in diete per suini in crescita ha aumentato le popolazioni di bifidobatteri ed Enterobatteri nell'ileo (Owusu-Asiedu et al., 2006). Al contrario, le diete ad alto contenuto di polisaccaridi non amilacei e amido resistente sono state associate ad aumentata incidenza di dissenteria suina classica e diarrea nei suinetti allo svezzamento (Pluske et al., 1998; Pluske et al., 2003).

Inoltre, gli acidi grassi a catena corta prodotti dalla fermentazione della fibra, in ambiente acido, sono in grado di inibire la crescita di alcuni patogeni intestinali come *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. e *Clostridium* spp. (Montagne et al., 2003). Il butirrato, in particolare, sembra giocare un ruolo selettivo antimicrobico (Williams et al., 2001).

La presenza di fibra, quindi, modifica in modo significativo l'equilibrio microbico nell'intestino con un impatto positivo o negativo sulla salute degli animali a secondo della fonte fibrosa e dello stato fisiologico dell'animale.

1.2.2 Fermentazione

I batteri intestinali idrolizzano i polisaccaridi che compongono la fibra e metabolizzano gli zuccheri attraverso una serie di reazioni che portano alla produzione di ATP che viene utilizzata per il metabolismo basale dei batteri stessi (figura 1) (Macfarlane et al., 1995).

Acidi grassi a catena corta (acetato, propionato e n-butirrato) e gas (CO_2 , H_2 e CH_4) sono i principali prodotti finali di fermentazione

intestinale della fibra. Altri metaboliti come il lattato, etanolo e succinato sono prodotti da altri tipi di batteri (Drochner et al., 2004). Con le possibili eccezioni di etanolo questi prodotti non si accumulano in un intestino sano, perché fungono da substrato e donatori di elettroni e sono ulteriormente convertite in acidi grassi a catena corta (Macfarlane et al., 1995).

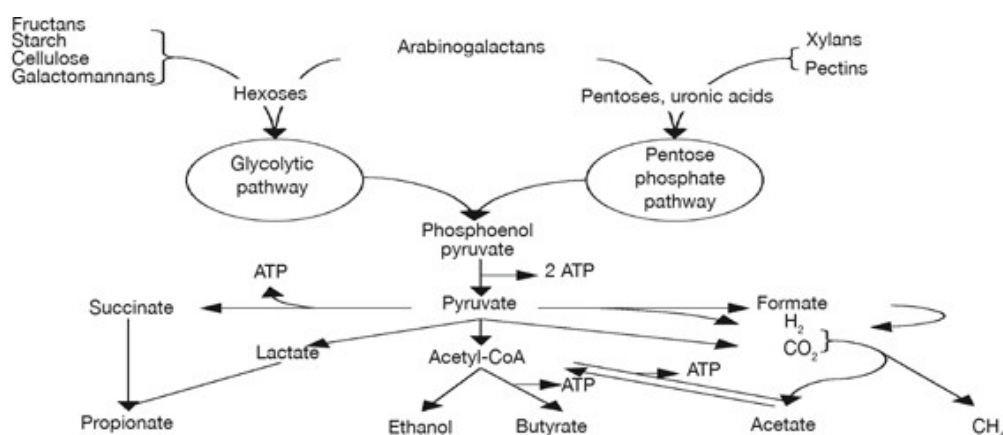


Figure 1. Schematic representation of the pathways for polysaccharides fermentation in the pigs intestines — *Représentation schématique des voies de fermentation des polysaccharides dans les intestins du porc* (Macfarlane et al., 1995; Pryde et al., 2002; Macfarlane et al., 2003).

1.2.3 Digestione ed utilizzazione della fibra nel suino

Come precedentemente detto, il foraggio, erba ed i suoi derivati, fieno o insilato, da sempre ha avuto un'importanza non secondaria nell'alimentazione del suino.

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

Il suino è rigorosamente un monogastrico, quindi, privo di molti sofisticati ed efficienti sistemi digestivi che contraddistinguono i ruminanti, i quali possiedono ben tre prestomaci perfettamente funzionanti. Ma contrariamente a quanto comunemente viene ritenuto, nei confronti della fibra grezza si dimostra un eccellente utilizzatore (Giannone, 2002). Presenta una digestione prevalentemente enzimatica anche se nell'intestino crasso, come detto precedentemente, avvengono processi fermentativi microbici di una certa entità. Le proteine, l'amido e i grassi vengono digeriti, grazie all'azione di enzimi (proteasi, amilasi e lipasi) prodotti da ghiandole gastriche e intestinali. I nutrienti sono demoliti dai succhi digerenti in molecole di piccole dimensioni che vengono assorbite dalle pareti intestinali e, attraverso il circolo sanguigno, giungono ai vari tessuti e organi dove sono utilizzate sia per fornire energia, sia per la sintesi di nuovi costituenti del corpo animale. A livello del grosso intestino avviene inoltre la fermentazione della costituente fibrosa degli alimenti (cellulosa, emicellulosa e pectine), ad opera di ceppi batterici, che porta alla liberazione di AGV (acidi grassi volatili: ac. acetico, propionico e butirrico) (Acciaioli et al., 2004).

Il contenuto di AGV che si libera dalla fermentazione della fibra varia dal 5% al 28% del fabbisogno energetico del suino in accrescimento (Kass et al., 1980) e la quota sarà ancora più elevata per le scrofe in gestazione.

Gli acidi grassi volatili (AGV) vengono utilizzati come fonte energetica della scrofa, stimolando quindi la produzione e il mantenimento del lardo dorsale; in più una quota di AGV finisce nel latte. In questo caso ne traggono beneficio i suinetti, che hanno a disposizione un latte materno più energetico, il che porta potenzialmente ad avere suinetti più pesanti allo svezzamento. Inoltre l'apporto di fibra fermentescibile permette di abbassare il pH intestinale dell'animale, con conseguente minor proliferazione di patogeni, ma anche produzione di extracalore, quindi risparmio energetico per la termoregolazione, nella stagione invernale (Capponi, 2006).

Esistono dei momenti in cui il ricorso a foraggi non solo è possibile, ma addirittura consigliabile per aspetti legati al benessere dell'animale e per altrettanti buoni motivi di ordine economico. Tra gli aspetti fondamentali che condizionano la capacità di utilizzare il foraggio vi è in primo luogo l'età (Giannone, 2002); infatti Varel e

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

Pond (1985) hanno dimostrato che, in scrofe adulte, vi sono 6,7 volte più batteri cellulosolitici nel grande intestino rispetto a suini in accrescimento alimentati entrambi per 3 mesi con la stessa dieta contenente elevate quantità di fibra (contenente il 40% di farina di erba medica), il che spiega il motivo per cui le scrofe possono digerire alimenti fibrosi in modo più efficiente rispetto a suini in accrescimento.

Le scrofe, i verri e ogni soggetto adulto risultano eccellenti utilizzatori; si possono approssimativamente inserire i giovani animali a partire dal 5-6 mese o 60-70 kg di peso vivo, momento in cui cominciano ad evidenziare una certa capacità digestiva nei confronti della fibra, che comunque richiede qualche mese per raggiungere i livelli di un soggetto maturo. Questo è facilmente spiegabile perché nel crasso di un maiale adulto si riscontrano le stesse colonie batteriche che ritroviamo nel crasso di un cavallo o nel rumine di un poligastro e con la stessa efficienza fermentativa. Vengono prodotti AGV che permiano dalle pareti dell'intestino e contribuiscono, fino ad un massimo del 30% all'energia richiesta dall'animale. Per accrescere questa capacità è utile che l'animale sia stato sin da piccolo,

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

praticamente dallo svezzamento, abituato ad assumere alimenti fibrosi (Giannone, 2002).

1.3 Digeribilità ed energia

1.3.1 Utilizzo dell'energia

Un aumento del livello di fibra è associata ad un ridotto contenuto di energia metabolizzabile dell'alimento (Noblet et al., 2001). Il costo energetico totale, ovvero il calore prodotto dall'ingestione e l'escrezione di sostanze indigeribili, è minimo e non può essere considerato in termini di produzione di calore associata con l'ingestione e l'escrezione di sostanze indigeribili (De Lange et al., 2006). Tuttavia, accanto alla fibra non fermentata, la perdita principale di energia è attribuita ai gas di fermentazione (CH₄, H₂ e CO₂) e il calore di fermentazione. Una parte significativa è persa anche come biomassa batterica nelle feci.

Tra i prodotti di fermentazione della fibra, solo gli acidi grassi contribuiscono alla fornitura di energia degli animali in particolare per l'adipogenesi, ma con un rendimento inferiore rispetto al

glucosio. Il butirrato però, come principale fonte di energia per le cellule epiteliali, migliora la salute dell'intestino.

1.3.2 Digeribilità

La digeribilità della fibra varia 0,40-0,60, rispetto agli altri nutrienti (proteine, grassi, zuccheri o amidi) che sono al di sopra 0,80 (Noblet et al., 2001). Anche la fermentescibilità è variabile a causa della elevata diversità della struttura fisica e chimica. La riduzione della dell'energia digeribile varierà a seconda della fonte e del livello di fibra presente in una dieta. Nei suini in crescita, è stato dimostrato che la digeribilità dei polisaccaridi non amilacei varia da 0,163 per la paglia di grano a 0,435 per la crusca di frumento, da 0,695 per la polpa di barbabietola da zucchero a 0,791 per gli sfiati di soia (Chabeauti et al., 1991). La presenza di lignina spiega la scarsa digeribilità della paglia di grano.

L'adattamento dei suini alla digestione della fibra è anche un processo lungo che richiede 5 settimane (Martinez-Puig et al., 2003). Noblet et al. (2001) hanno calcolato che durante il periodo di ingrasso (da 30 a 100 kg), l'energia digeribile aumenta di 0,003-

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

0,0045 per ogni 10 kg di peso vivo in diete contenenti dal 4% al 6% di fibra grezza. Il più grande effetto è stato osservato nei suini in crescita e nelle scrofe. L'energia digeribile è sempre più alta nelle scrofe, perché il tempo di transito nel tratto gastro-enterico è più lungo e l'assunzione di alimento per peso vivo è più bassa (Le Goff et al., 2002).

1.4 Influenza della fibra sulla digeribilità delle proteine ed escrezione di azoto

1.4.1 Digeribilità delle proteine

Il 31% di azoto è legato all' NDF e non è disponibile per l'animale (Bindelle et al., 2005). Inoltre i foraggi verdi sono spesso associati a fattori antinutrizionali che interferiscono con i processi digestivi (Phuc, 2006). Come discusso in precedenza, la riduzione della digeribilità varia a seconda del livello e del tipo di fibra e la sua capacità di trattenere acqua (Wenk, 2001). È noto che un alto contenuto in fibra nella dieta causa un aumento delle perdite di azoto endogeno (Leterme et al., 1996; Souffrant, 2001). La fonte, la natura della fibra e le proprietà chimico-fisiche sembrano influenzare

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

la digeribilità ileale della proteina. Tuttavia, in letteratura si trovano risultati controversi (Souffrant, 2001).

Come conseguenza della crescita microbica, la fermentazione della fibra riduce la digeribilità apparente della proteina e ne aumenta l'escrezione fecale (Mroz et al., 1993) in quanto la biomassa batterica che si accumula nelle feci è composta da circa 625 g^{-1} SS di proteina grezza (Russell et al., 1992).

Gli studi di Pirman et al. (2007) e Zervas et al. (2002) mostrano che una ridotta digeribilità di proteina grezza, conseguente alla fermentazione della fibra, non è necessariamente connessa ad un livello più basso di proteine nella dieta. Essi sono coerenti con Canh et al. (1997) che ha registrato una digeribilità di azoto fecale di 0,85 e una ritenzione di 0,30 con una dieta a base di cereali, mentre con polpa di barbabietola da zucchero la digeribilità è stata ridotta a 0,75, ma la ritenzione di azoto è aumentata a 0,44.

La fermentazione batterica dei carboidrati nei suini avviene principalmente nel cieco e del colon, ma una piccola quantità anche nella porzione terminale dell'ileo (Rowan et al., 1992).

Come precedentemente visto, la popolazione di batteri attivi è molto basso nello stomaco, ma diventa significativa a livello intestinale, in particolare nella porzione distale del piccolo intestino. Di conseguenza, l'accumulo di biomassa batterica che si ha nel contenuto intestinale raggiunge poi l'intestino crasso contribuendo in piccola misura ma significativa alle esigenze di amminoacidi dei suini (Torrallardona et al., 2003).

Si può concludere che la presenza di fibra nella dieta riduce la digeribilità fecale apparente delle proteine grezze ed, eventualmente, la digeribilità ileale, ma non necessariamente l'efficienza della ritenzione di azoto da parte dell'animale.

1.4.2 Escrezione urinaria di azoto

La proteolisi batterica porta alla produzione di acidi grassi a catena ramificata (principalmente valerato, i-valerato, i-butirrato), composti maleodoranti come scatolo, che contribuisce al cattivo odore e il sapore della carne di cinghiale (Jensen et al., 1995), e ammine e ammoniaca, provenienti dalla deaminazione degli amminoacidi.

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

Le proteine non digerite e le proteine endogene sono utilizzate per la sintesi delle proteine batteriche e la crescita batterica intestinale migliora il trasferimento di urea dal sangue all'intestino crasso (Younes et al., 1996; Pastuszewska et al., 2000). Di conseguenza, l'escrezione urinaria di azoto è diminuito.

Kreuzer et al. (1993) hanno scoperto che l'integrazione di polisaccaridi non amilacei nella dieta di suino da 100 a 220 g⁻¹ porta ad una minore escrezione urinaria di azoto del 20-28%.

1.4.3 Escrezione fecale di azoto

Kreuzer et al. (1998) hanno dimostrato che le pectine e le emicellulose da polpa di agrumi e polpa di barbabietola da zucchero, sono state le fonti di fibra più efficaci per ridurre l'escrezione di azoto nelle feci, rispetto alla cellulosa da crusca di segale e amido resistente da manioca.

Il pH inferiore delle feci in suini alimentati con diete ad alto contenuto in fibra è anche un mezzo efficace per ridurre le emissioni di ammoniaca in quanto è solubile sotto la sua forma protonata (NH₄⁺) (Aarnink et al., 2007). Canh et al. (1998) hanno osservato che per

ogni aumento di 100 g di polisaccaridi non amilacei nelle diete di suini, il pH delle feci diminuiva di 0,12 unità e l'emissione di ammoniaca si riduceva del 5,4%.

Numerosi studi hanno evidenziato le proprietà della fibra nel ridurre l'impatto ambientale. Inoltre, l'aspetto non solo ambientale ma anche economico rende necessario l'utilizzo della fibra non solo nei sistemi estensivi ma anche in quelli intensivi.

1.5 Effetti dell'assunzione di fibra

La fibra, come precedentemente accennato, riduce il tempo di transito in tutto il tratto gastro-intestinale e la digeribilità di altri nutrienti della dieta. Un aumento del contenuto di fibra riduce il tempo medio di ritenzione nel piccolo e grande intestino (Wilfart et al., 2007), riducendo così il tempo di "attacco" degli enzimi digestivi dell'ospite (Low, 1982). La velocità di transito del contenuto intestinale nella parte terminale dell'ileo è superiore nei suini alimentati con diete con alti livelli di fibra che in suini alimentati con diete a basso contenuto in fibra (Varel et al., 1997). A differenza degli

intestini, nello stomaco il tempo di permanenza può aumentare in presenza di fibra, causando così senso di sazietà.

Il lento svuotamento dello stomaco è una conseguenza della capacità di trattenere l'acqua. La fibra solubile è quindi efficace nel prolungare la sazietà, mentre la fibra insolubile ha un minore impatto.

Nonostante l'impatto negativo sulla digeribilità, gli agricoltori nelle zone mediterranee, tropicali e sub tropicali fanno uso di colture fibrose e foraggi come ingredienti alternativi ai cereali.

L'uso di alimenti fibrosi nella dieta del suino come alternativa ai cereali non è sempre efficiente in termini di performance, ma la risorsa economica è in gran parte a vantaggio di una sostituzione sostanziale (Ogle, 2006).

Il contenuto energetico inferiore e il senso di sazietà dato dall'alto livello di fibra nella dieta riduce la crescita degli animali. Questa pratica può tuttavia essere interessante per le scrofe o per ridurre i costi di alimentazione dei suini in crescita.

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

1.6 I vantaggi della fibra nell'alimentazione del suino

L'utilizzo di foraggi sia verdi che essiccati, come per esempio, farina di erba medica, aggiunta nella diete di scrofe gravide ha contribuito a migliorare la fertilità e la vitalità della nidiata. Questo è dovuto al maggiore tasso di ovulazione (Teague, 1955) e / o maggiore sopravvivenza pre-natale (Mazilis, 1962). Inoltre contribuisce a ridurre i problemi di costipazione, perché la fibra aumenta la ritenzione idrica a livello intestinale, la massa intestinale aumenta di volume, favorisce le contrazioni peristaltiche dell'intestino crasso e quindi una corretta defecazione. Una scrofa che defeca correttamente mangia più cibo, con relativi vantaggi per una minore perdita di grasso corporeo in lattazione. Mantenere un adeguato livello di lardo dorsale è di fondamentale importanza per il corretto svolgimento del ciclo estrale successivo. Infatti, quasi tutti gli ormoni del ciclo sessuale della scrofa hanno un'origine chimica lipidica, quindi, ridurre le perdite di strato lipidico della scrofa e mantenere elevati i suoi livelli di ingestione giornaliera, sia in gestazione che in lattazione, significa facilitare il ciclo sessuale successivo (Capponi, 2006). Inoltre sembra agire favorevolmente nella prevenzione delle

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

mastiti e nelle infiammazioni dell'utero, agisce anche da coadiuvante nelle terapie contro diarree acute o croniche dei suinetti e nella riduzione delle stereotipie delle scrofe (Aumaitre, 2002).

Ad esempio, la dissenteria suina ha cessato di essere un problema quando i suini sono stati alimentati con insilato di mais (Prohaska e Lukacs, 1984), probabilmente perché un basso pH dell'intestino, dato da un incremento della produzione degli AGV, produceva effetti antibatterici (*S. hyodysenteriae*). Un risultato analogo, con un altro batterio (*Clostridium difficile*), è stato segnalato da May *et al.* (1994).

La presenza di fibra è un fattore protettivo, poiché aumenta la consistenza del contenuto gastrico evitando le lesioni che si osservano più frequentemente con l'utilizzo di mais, e frumento. L'avena si è visto prevenire l'insorgenza di ulcere (Bosi *et al.*, 2001), Henry (1970) ha evidenziato una ridotta incidenza di lesioni allo stomaco quando nella dieta di suini in accrescimento è stata integrata cellulosa di legno.

È stato evidenziato che le scrofe, che durante il periodo della gravidanza e della loro vita giovanile hanno assunto foraggi con regolarità tutti i giorni, al momento del parto, quando i loro

fabbisogni si accrescono repentinamente e l'anabolismo gravido non sarà più presente, riusciranno a mantenere alto l'appetito assumendo molto più mangime di una scrofa allevata tradizionalmente con mangimi concentrati. Dimagrirà di meno e riuscirà a sostenere produzioni elevatissime di latte di ottima qualità.

Lo stesso discorso si presenta per suini all'ingrasso che sono arrivati ai tre quarti della loro vita assumendo prevalentemente mangimi e foraggi alternativi a medio titolo di fibra; quando questi soggetti passano ad una dieta bilanciata con concentrati, dimostrano di rispondere al nuovo regime alimentare meglio di altri da sempre assoggettati a questo sistema (Giannone, 2002).

Concludendo si può dire che la somministrazione di foraggio influisce positivamente sul comportamento e sulla salute degli animali.

Oltre a questi aspetti, permette di risparmiare sul costo dell'alimentazione; l'impiego di foraggio di alta qualità, come ad esempio l'insilato di mais, permette un risparmio di circa 20 Kg di mangime per animale (Giannone, 2002).

1.7 Importanza della fibra nell'allevamento biologico

La presenza sul mercato delle carni biologiche induce molti produttori ad interrogarsi sulle opportunità economiche e sulle difficoltà tecniche da affrontare per intraprendere la produzione con metodo biologico.

Nell'ambito di questa fetta di mercato una quota riguarda sia la carne suina fresca che quella trasformata. In quest'ultimo settore l'Italia gode già di una invidiabile posizione per i prodotti della suinicoltura convenzionale, grazie ai quali risulta economicamente sostenibile la produzione del suino pesante che ha costi maggiori di quelli dei partner comunitari che producono suini da macelleria (Della Casa, 2003). È dunque probabile che il consumatore, già disposto a riconoscere il maggior valore economico di un prodotto tipico, sia disposto a riconoscere nel prodotto biologico un'ulteriore fattore di qualificazione e di determinazione del prezzo della carne suina fresca e trasformata. Attualmente non esistono in Italia molte esperienze di allevamento ed ingrasso del suino con metodo biologico, ma si ritiene che questa produzione sia tecnicamente realizzabile poiché il Reg. CE

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

n. 889 del 5 settembre 2008 non pone limitazioni insormontabili né per i ricoveri né per l'alimentazione.

Nell'allevamento biologico l'alimentazione deve essere finalizzata ad una produzione di qualità piuttosto che a massimizzare la produzione stessa (Regolamento CE n. 889; Decreto Ministeriale 5 settembre 2008).

I principali vincoli che vengono posti dalla normativa riguardano:

- ✓ utilizzo di alimenti biologici ottenuti, cioè, secondo le norme del regolamento (CE) n. 889/2008, salvo deroghe (30% della razione può essere costituita da alimenti in fase di conversione, che può arrivare al 60% se gli alimenti sono prodotti dall'azienda stessa e 20% da alimenti convenzionali);
- ✓ produzione degli alimenti in azienda almeno per 35% della sostanza secca somministrata annualmente agli animali (Decreto Ministeriale 4 agosto 2000);
- ✓ obbligo di aggiunta di foraggi grossolani e foraggi freschi, essiccati o insilati nella razione giornaliera dei suini;

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

✓ è consentito l'utilizzo di materie prime non biologiche di origine vegetale e animale per mangimi solo se presenti negli allegati al regolamento (CE) n. 834/2007.

E' consigliabile, per formulare delle razioni per suino biologico puntare ad ottenere i seguenti risultati:

- ✓ minimizzare gli effetti dei fattori antinutrizionali;
- ✓ migliorare l'utilizzazione digestiva dei principi nutritivi per l'inevitabile complementarietà dei diversi componenti;
- ✓ emulare l'alimentazione naturale degli animali al pascolo che si cibano sicuramente di un numero elevato di essenze.

I foraggi

Come già ricordato precedentemente, i foraggi, freschi, essiccati o insilati devono essere aggiunti alla razione giornaliera dei suini. Tuttavia bisogna tenere in considerazione il fatto che la somministrazione di foraggio riesce a coprire solo in minima parte i fabbisogni di questi monogastrici onnivori; molto probabilmente tale obbligo di legge discende da preoccupazioni di tipo dietetico (buon funzionamento dell'intestino), comportamentale (il suino libero ama

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

mangiare l'erba), nutrizionale (apporto di caroteni, vitamine, sali minerali) (Costantini *et al.*, 2003). L'utilizzo di foraggio sembra agire favorevolmente nella prevenzione delle mastiti e nelle infiammazioni dell'utero, agisce da coadiuvante nelle terapie contro le diarree acute o croniche dei suinetti e nella riduzione delle stereotipie delle scrofe (Aumaitre, 2002). Le carcasse dei suini allevate con il foraggio sono di ottima qualità, non presentando un eccessivo stato di ingrassamento. La somministrazione di foraggio rappresenta una ottima pratica alimentare anche dal punto di vista economico, in modo particolare le scrofe gravide, per le quali fino al 70% del fabbisogno proteico ed energetico è garantito dal foraggio, ed i suini in finissaggio, dove la somministrazione di foraggio consente un risparmio di mangime e di conseguenza una riduzione dei costi di produzione (Simantke *et al.*, 2001). Tuttavia bisogna sempre tener conto che un eccessivo utilizzo di foraggi, accompagnato da una ridotta assunzione di concentrati, sembrerebbe dare origine a minori accrescimenti medi giornalieri, minore tenerezza delle carni, sapore acidulo delle carni stesse (Danielson *et al.*, 1999) e la tendenza della carne ad assumere un colore pallido (aumento del valore della Luminosità) di quelle

provenienti da suini allevati con il metodo convenzionale (Lydehoj Hansen *et al.*, 2000). Anche dai risultati di una serie di prove sperimentali, eseguite in Germania, si evince che la somministrazione di foraggi coltivati comporta una riduzione dell'accrescimento medio giornaliero del 19% rispetto agli animali nutriti con diete concentrate e un peggioramento del sapore della carne, provocato da una diminuzione di grasso del 34% (Aumaitre, 2002). Da prove svolte negli USA è emerso, al contrario di quanto descritto finora, che i suini alimentati con foraggio sono cresciuti più velocemente, con incrementi ponderali giornalieri superiori di 113 grammi ed un peso alla macellazione di 12 kg più elevato, rispetto a suini alimentati con solo concentrato (citato da Anonimo, 1996).

I risultati di alcune prove sperimentali sull'utilizzo di insilato d'erba su scrofe gravide e in lattazione sono stati confortanti: infatti circa il 70 % dei fabbisogni proteici delle scrofe gravide e il 30% di quelle in lattazione sono stati soddisfatti dalla somministrazione dell'insilato di erba. Oltre a ciò gli animali erano più sazi e di conseguenza più tranquilli.

Il pascolo

La somministrazione di foraggi ai suini allevati secondo il metodo biologico, obbligatoria seconda la normativa, può essere effettuata anche tramite la fruizione del pascolo, sia esso rappresentato da essenze erbacee (erba medica, sorgo, barbabietola da foraggio, etc) che dal bosco (ghiande, castagne, tuberi, etc).

In genere i pascoli per suini possono essere costituiti da:

1. leguminose e piante erbacee;
2. radici;
3. granaglie o frutti lasciati cadere sul terreno;
4. piante selvatiche e loro frutti

Il foraggio adatto al pascolamento del suino deve essere idoneo al terreno e al clima della zona, appetito dagli animali, presentare un alto livello di albumina e di ceneri, essere ricco in vitamine, povero in fibra e avere una buona resistenza al calpestamento. Tra tutte le piante erbacee, quelle che soddisfano maggiormente tali requisiti sono senza dubbio le leguminose, ed in modo particolare l'erba medica (*Medicago sativa*). Pur avendo notevoli vantaggi la medica non è un alimento completo, infatti è abbastanza povera in

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

carboidrati; è perciò necessario la contemporanea somministrazione di un cereale, principalmente il mais, che completi l'apporto energetico della razione.

Il suino è un ottimo grufolatore e il pascolamento di tuberi e radici può rappresentare un'ottima tecnica di allevamento. A tal proposito Stanga (1948) propone il pascolo delle colture di patate (*Solanum tuberosum*) dopo la raccolta, in quanto gli animali sono in grado di nutrirsi dello scarto lasciato più o meno inavvertitamente sul campo. Un'altra essenza citata dal precedente è il topinambur o pero di terra (*Helianthus tuberosum*). Secondo Jost (1997), le colture di topinambur si prestano molto bene al pascolo delle scrofe più che dei suinetti che non riescono a tirare fuori i tuberi dal terreno e trovano problemi nell'ingestione, poiché sono piuttosto duri. Con la tecnica di pascolamento del topinambur i suini hanno raggiunto il peso alla macellazione un mese dopo quelli convenzionali, la qualità della carcassa si è dimostrata ottima così come quella della carne confermata da una prova di panel test (Jost, 1997). Altra pianta che assume un ruolo rilevante per il pascolamento dei suini è la gramigna (*Cynodon dactylon*). Vista la sua elevata resistenza alla siccità si

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

presta molto bene nei pascoli situati in zone a clima arido (Sud Italia). Dal punto di vista nutrizionale risulta essere un ottimo alimento anche dal punto di vista proteico e a conferma di ciò si può osservare come animali alimentati con eccesso di carboidrati la cerchino con estrema avidità (Stanga, 1948).

Una prova molto particolare ed interessante è stata effettuata da Giannone (2001). E' stato liberato un gruppo di suini di razza Cinta Senese, di diverse categorie, in un pascolo dove precedentemente erano stati seminati in consociazione sorgo da granella e barbabietola da zucchero. La scelta di tale consociazione nasce dal fatto che ambedue le piante forniscono un alimento in grado di rimanere in campo per lungo tempo senza degradarsi. Il comportamento alimentare degli animali è stato molto particolare, assumevano, in modo alterno, ora la granella del sorgo ora le foglie di barbabietola e alla fine del periodo essi apparivano in perfette condizioni fisiche. Limitatamente a tale esperienza si può dire che il sorgo si presta molto bene all'utilizzazione diretta, mentre molto meno la barbabietola da zucchero. Il primo, infatti, per il suo bassissimo titolo di tannino è altamente appetito dagli animali nella sua interezza al

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

contrario della barbabietola che è stata assunta come pianta intera solo occasionalmente (Giannone, 2001).

Una pratica che viene spesso favorita dagli allevatori di suini-bio è la cosiddetta “spigolatura”, atto che il maiale compie raccogliendo da terra grani e/o frutti lasciati cadere o accidentalmente caduti sul terreno.

L'allevamento del suino nel sottobosco sta prendendo sempre più piede perché unisce ad una produzione di qualità, bassissimi costi di produzione, in quanto gli animali vengono praticamente lasciati nel bosco limitando al minimo l'intervento dell'uomo (profilassi, integrazione alimentare, etc.). I frutti che regnano nel bosco sono le ghiande e, quando non viene raccolta, la castagna (Stanga, 1948), ma un notevole contributo alimentare può essere portato anche da frutti selvatici quali pere, mele ciliege. La disponibilità di un pascolo ricco di ghiande ed erba sembra in grado di condizionare positivamente sia la composizione acidica dei lipidi muscolari che la resistenza delle carni all'ossidazione, infatti Andrés et al., 2001 (citato da Della Casa, 2003) hanno evidenziato che suini allevati durante gli ultimi 60 giorni di vita completamente al pascolo di ghiande ed erba presentano un maggior

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

contenuto di acidi grassi monoinsaturi rispetto ad animali aventi un'ampia zona di movimento, ma alimentati esclusivamente con mangimi. Oltre a ciò le carni di questi ultimi animali hanno manifestato una maggiore predisposizione all'ossidazione per un più rapido sviluppo delle sostanze reattive all'acido tiobarbiturico (TBARS). La maggiore ingestione di α -tocoferolo degli animali allevati al pascolo è probabilmente alla base della maggiore resistenza delle carni all'ossidazione (Della Casa, 2003).

Bisogna sottolineare come anche per il pascolo nel sottobosco sia necessaria un'integrazione alimentare energetica e proteica nel periodo di accrescimento, per evitare un eccessivo calo di produttività. Solo nel periodo di finissaggio, quando più scarsi sono i fabbisogni di proteine, ed in pascoli particolarmente ricchi di carboidrati (castagne, ghiande) è pensabile di non integrare il pascolo con mangimi concentrati.

2 OBIETTIVO

Le trasformazioni che ha subito il comparto suinicolo, nel senso della sua innovazione e industrializzazione, non hanno coinvolto completamente tutte le razze allevate. Infatti alcune di esse, nello specifico quelle autoctone, sono rimaste quali erano, cioè rustiche e pascolatrici per eccellenza (Chiofalo e Liotta, 2003). Il sistema di allevamento dei suini autoctoni, e nello specifico del Nero Siciliano, come già evidenziato da Valfrè *et al.* (1986) ha comportato un pieno adattamento ed una spiccata capacità alla utilizzazione di diete ricche in fibra, evidenziato dalla maggiore lunghezza e dimensione del cieco, sito di elezione per la digestione microbica. Tali motivazioni, unitamente ai noti effetti benefici svolti dalla fibra sulla salute dell'intestino e quindi sulla digeribilità degli alimenti (Prohaska e Lukacs, 1984), all'esigenza di utilizzare risorse foraggere locali per l'ottimizzazione dell'economia aziendale, alle norme per la produzione biologica che impongono (Art. 20 – Reg. 889 del 05/09/2008) l'uso di foraggi grossolani e foraggi freschi, essiccati o insilati devono essere aggiunti alla razione giornaliera di suini, l'obiettivo del presente studio è stato quello di valutare l'effetto

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

dell'introduzione del foraggio quale fonte fibrosa nella dieta del suino Nero Siciliano sulle performance produttive e sulla qualità della carne.

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

3 MATERIALI E METODI

3.1 Location

L'attività sperimentale in campo è stata condotta nel periodo Aprile - Luglio 2009 presso il Centro Aziendale di Giardinello dell'Istituto Sperimentale Zootecnico per la Sicilia di Palermo, dove gli animali venivano allevati con sistema intensivo in appositi box provvisti di paddock.

La macellazione ed i relativi rilievi previsti in questa fase sono stati eseguiti nel mese di Settembre 2009 presso lo stabilimento di Macellazione C.P.C. - Apomercato S.p.A., di Mirto (ME).

Le determinazioni analitiche sono state eseguite, nel periodo Ottobre Novembre 2009, presso i laboratori accreditati ACCREDIA del Consorzio di Ricerca Filiera Carni di Messina.

3.2 Animali e diete

Lo studio è stato condotto su 40 suini appartenenti alla razza "Nero Siciliano", regolarmente iscritti al registro anagrafico, divisi in due gruppi omogenei, per numero (20 soggetti), sesso (10 maschi castrati

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

e 10 femmine), età e peso vivo (82.5 ± 7 kg) denominati “Moderate Fibre (MF)” e “High Fibre (HF)”, allevati separatamente in due box multipli provvisti di paddock di 50 m² ciascuno, forniti di mangiatoie ed abbeveratoi.

Gli animali del gruppo “MF” ricevevano 1,5 kg/capo/d di mangime pellettato mentre gli animali del gruppo “HF” ricevevano 1 kg/capo/d dello stesso mangime ed 1,2 kg/capo/d di fieno polifita di produzione aziendale.

Gli ingredienti del mangime e la composizione chimica del mangime e del fieno utilizzati (AOAC, 2007) sono riportati in Tabella 1.

Le diete somministrate agli animali appartenenti ai due gruppi sperimentali erano isoproteiche, infatti la quantità stimata di proteina grezza ingerita era di 250 g/capo/d, mentre si differivano per la quantità di fibra, espressa in NDF, apportata e quindi ingerita, che era precisamente di 275 g/capo/d per il gruppo MF e di 1,025 g/capo/d per il gruppo HF.

Il periodo sperimentale di allevamento ha riguardato la fase di finissaggio ed ha avuto una durata di 105 giorni preceduti da 15 giorni di adattamento alle nuove diete.

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

3.3 Rilievi

3.3.1 Rilievi in vitam

Ogni 35 giorni gli animali venivano convogliati tramite un apposito corridoio, dai singoli Paddock ad una bilancia elettronica digitale per essere pesati. Con la stessa cadenza venivano prelevati, per entrambi i gruppi, campioni individuali di feci per le seguenti valutazioni:

- ✓ Consistenza fecale (FC) con riferimento ad una scala che va da un punteggio di 1 (feci diarroiche) ad un punteggio di 5 (feci dure), secondo le indicazioni di Dell’Orto e Savoini (2005).
- ✓ Determinazione delle frazioni indigerite “Undigested Fraction” (UF) che permette di stimare la digeribilità quantitativa ed il tasso di passaggio degli alimenti è stata effettuata su campioni freschi. Un campione di feci veniva prelevato e passato al setaccio sotto getti di acqua corrente per valutare la presenza o meno di frazioni fibrose indigerite rimaste intrappolate nelle maglie del setaccio (\emptyset 1,00 millimetro) (Dell’Orto e Savoini, 2005)(Fig.1).

Inoltre, su ciascun soggetto, sono stati calcolati gli incrementi ponderali medi giornalieri (IPMG) e gli indici di conversione alimentare (ICA).

3.3.2 Rilievi alla macellazione

Gli animali previo digiuno alimentare di 16 ore (ASPA, 1991), sono stati macellati. In sede di macellazione, tutte le carcasse sono state pesate a caldo e sulla mezzena sinistra di ciascun soggetto è stato misurato il pH a 45' (pH₁) con l'ausilio di un piaccametro WTW 330/SET 1 (Weilheim, Germany), munito di elettrodo ad infissione (Hamilton Double pore) con compensatore automatico di temperatura.

Inoltre, su ciascuna mezzena, è stato misurato lo spessore del grasso dorsale a livello della prima (PT) e ultima vertebra toracica (UT) e del muscolo gluteo medio (GM) e la lunghezza della carcassa, dal punto mediano del margine craniale della prima costola al margine caudale della sinfisi pubica, per il calcolo dell'indice di compattezza "compactness index" (peso carcassa/lunghezza carcassa) (Fig.2).

Le misurazioni sono state effettuate mediante l'impiego di un sistema di analisi d'immagine computerizzato su fotografie acquisite con una macchina fotografica digitale (Casio – modello Exilim). Le immagini sono state successivamente trasferite su PC su cui era installato un programma di analisi d'immagine (Image Pro Plus vers. 5.0) con cui sono state rilevate le misurazioni.

3.4 Analisi

3.4.1 Analisi Fisiche

A 24 ore dalla macellazione, da ogni mezzena sinistra è stato isolato e rimosso un campione di muscolo *Longissimus dorsi*, precisamente nel tratto T8-L1 (ASPA, 1991), per la successiva determinazione delle seguenti caratteristiche fisiche:

- ✓ Determinazione del pH a 24h (pH_u) con l'ausilio di un piaccametro WTW 330/SET 1 (Weilheim, Germany), munito di elettrodo ad infissione (Hamilton Double pore) con compensatore automatico di temperatura.
- ✓ Valutazione del colore, utilizzando il sistema CIE (Commission International d'Eclairage, 1978) mediante Fotometro da banco

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

SPECTRAL scanner, DV Tecnologie d'Avanguardia, Padova, Italy (Illuminante D65) che rileva Luminosità (L^*), indice del rosso (a^*) ed indice del giallo (b^*). Il colore è stato determinato sulla superficie fresca di taglio di ogni campione, protetta con un film plastico ad elevata permeabilità all'ossigeno ed esposta all'aria per 1 ora a 3 ± 1 °C (Boccard *et al.*, 1981). La luminosità (L^*), ha il campo di variabilità tra il bianco (100) e il nero (0); l'indice del rosso (a^*), varia dal rosso (positivo) al verde (negativo) e l'indice del giallo (b^*), va dal giallo (positivo) al blu (negativo). Successivamente sono stati calcolati attraverso le formule $C = (a^2 + b^2)^{1/2}$ e $H = \arctg b/a$, rispettivamente Croma (C^*) e Tinta (H^*).

- ✓ Determinazione del potere di ritenzione idrica utilizzando la metodologia del *water loss* (ASPA, 1996): Ogni campione di muscolo è stato introdotto in sottili sacchetti di polietilene, ed immerso in bagno maria a 95°C (WB-OD24, FALC Instruments, Italy), aperti e con la sommità che si estende sopra la superficie dell'acqua. Il peso del campione è stato rapportato alle dimensioni del sacchetto in modo da avere una stretta adesione con la superficie della carne. La cottura è stata sospesa al raggiungimento

della temperatura finale al centro del campione di 75°C, determinata attraverso una termocoppia (AMA-DIGIT, Buddeberg GmbH, Germany) inserita al centro del campione. I campioni sono stati quindi rimossi dal bagnomaria e raffreddati per 30 minuti in acqua corrente a circa 15°C. Ogni campione è stato successivamente estratto dal sacchetto, asciugato e pesato. Il calo peso è calcolato nel seguente modo: $(\text{peso carne cruda} - \text{peso carne cotta}) / \text{peso carne cruda} \times 100$.

- ✓ Valutazione della tenerezza su carne cotta tramite cesoia Warner Bratzler (WBSF) applicata all'apparecchio Instron 5542 (Instron, High Wycombe, UK). Da ogni campione cotto sono stati prelevati 4 tasselli cilindrici ottenuti tramite un campionatore cilindrico in acciaio del diametro di 10 mm e lunghezza di 25 mm. Tali tasselli sono stati sottoposti all'analisi reologica, cioè sottoposti alla registrazione dello sforzo compiuto dalla lama per tagliare il campione, con velocità della lama di 200 mm/min (ASPA, 1996). La durezza, quindi la forza necessaria per il taglio è stata espressa in kg/cm^2 .

3.4.2 Analisi Chimiche

La composizione chimica di ogni singolo campione di muscolo (Umidità, Proteine, Lipidi, Collagene, Sale) è stata determinata, secondo la metodologia ufficiale AOAC (metodo numero 2007-04) utilizzando la tecnologia della spettroscopia Infrarossa in Trasmittanza NIT (Near Infrared Spettroscopy) tramite il FoodScanTM Meat Analyser (FOSS, Italy).

3.4.3 Composizione acidica

Da ciascun campione di muscolo si è proceduto ad estrarre la componente lipidica (AOAC, 2007) e gli esteri metilici degli acidi grassi sono stati preparati in accordo a quanto riportato da Christie (1993). La separazione ed identificazione del profilo acidico è stata eseguita utilizzando un gascromatografo Agilent Technologies 6890N con iniettore split/splitless, rivelatore a fiamma (FID) e colonna capillare 30 m x 0,25 mm d.i., 0,25 µm spessore film (OMEGAWAX 250; Supelco, U.S.A) con una isoterma iniziale di 160 °C per 6 min, un incremento di 3 °C/ min fino a 250 °C ed una isoterma finale di 30 min. La temperatura dell'iniettore e del rivelatore sono state

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

impostate a 250 °C. Il gas carrier impiegato è stato l'elio con un flusso di 1 ml/min. L'identificazione degli acidi grassi è stata eseguita confrontando i tempi di ritenzione degli esteri metilici degli acidi grassi (FAME) con quelli di soluzioni standard (Supelco). I risultati sono stati espressi in percentuale sul totale degli acidi grassi identificati. Gli indici aterogenico e trombogenico sono stati calcolati utilizzando le formule di Ulbricht and Southgate (1991).

3.4.4 Indice di Aterogenicità

Esprime il rapporto tra Acidi Grassi Saturi e Acidi Grassi Insaturi ed è un importante parametro per determinare il rischio aterogenico di una dieta (www.nutrizione.com).

3.4.5 Indice di Trombogenicità

È un indice che esprime il rapporto tra Acidi Grassi Saturi e Acidi Grassi Insaturi; nel calcolo viene attribuito un peso diverso ai vari acidi grassi omega-3 e omega-6 in base al loro potere antitrombogenico, prendendo in considerazione anche Acidi Grassi Monoinsaturi (www.nutrizione.com).

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

Indice aterogenico: $L + 4M + P / (\omega-6) + (\omega-3) + O + M'$

Indice trombogenico: $M + P + S0,5O + 0,5 / M' + (0,5\omega-6) + (3\omega-3) + (\omega-3/\omega-6)$

Dove:

L = acido laurico (C12:0)

M = acido miristico (C14:0)

P = acido palmitico (C16:0)

O = acido oleico (C18:1) S = acido stearico (C18:0)

M' = altri monoinsaturi

$\omega-3$ e $\omega-6$ = polinsaturi delle rispettive serie.

Nel complesso la carne è migliore se gli indici aterogenico e trombogenico sono bassi, e ciò avviene se ha un ridotto contenuto di acidi grassi saturi ed elevate percentuali di insaturi.

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

3.5 Analisi statistica

I risultati ottenuti sono stati sottoposti ad elaborazione statistica utilizzando la procedura GLM del programma statistico SAS (vers. 8.1, 2001).

I dati relativi al peso vivo sono stati sottoposti ad analisi della Covarianza (ANCOVA), mettendo a covariata il peso vivo iniziale, utilizzando il seguente modello:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + X_{ij} + \xi_{ij}$$

Y_{ij} = Variabile dipendente;

μ = Media generale;

α_i = Effetto della dieta (1, 2);

X_{ij} = Peso vivo iniziale;

ξ_{ij} = Errore.

Gli altri parametri indagati sono stati elaborati utilizzando l'analisi della Varianza ad una via (ANOVA) con il seguente modello:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \xi_{ij}$$

Y_{ij} = Variabile dipendente;

μ = Media generale;

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

α_i = Effetto della dieta (1, 2);

ξ_{ij} = Errore.

Il livello di significatività scelto come valore soglia è stato di $P < 0,05$.

Ciò significa che la probabilità (P) che il risultato osservato si verifichi per caso è inferiore al 5%.

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

4 RISULTATI E DISCUSSIONE

4.1 Rilievi *in vitam*

L'andamento del peso vivo è stato influenzato dal tenore in fibra della dieta (Grafico 1) mostrando per il gruppo "HF" valori significativamente più bassi in corrispondenza del controllo eseguito ai 70 e 105 giorni. Questo ha determinato un significativo aumento dell'indice di conversione alimentare (Tabella 2), quindi un suo peggioramento, negli animali alimentati con la dieta ad elevato tenore in fibra. Tali risultati sono in accordo con quanto osservato da O'Doherty's *et al.* (2002) in suini alimentati in fase di finissaggio con diete contenenti livelli crescenti di fibra grezza, rispettivamente 50, 60 e 70 g/kg⁻¹.

La valutazione del FC ha comportato l'attribuzione di un punteggio di 4 per il Gruppo MF e 3 per il Gruppo HF, espressione di una minore digeribilità per i soggetti del gruppo HF, come evidenziato da Moeser e Kempen (2002) in suini Yorkshire x (Duroc x Hampshire) alimentati con diete formulate rispettivamente con il 5,6%, 10,3% e 18,4% di NDF.

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

Per quanto concerne la determinazione dell'Undigested Fraction, la setacciatura delle feci relativa al gruppo HF ha messo in evidenza una maggiore quantità di frazioni fibrose indigerite rimaste intrappolate nelle maglie del setaccio. La presenza di particelle molto lunghe di foraggio suggerisce che il tempo di permanenza a livello intestinale è stato troppo basso, comportando una parziale digestione della componente fibrosa (Dell'Orto e Savoini, 2005).

Tali risultati evidenziano come l'alto livello di fibra grezza nella dieta dei suini abbia ridotto la digeribilità dei nutrienti, il tempo di ritenzione medio nel piccolo e nel grosso intestino, riducendo quindi il tempo di esposizione dei nutrienti all'azione digestiva degli enzimi (Wilfart *et al.*, 2007).

4.2 Rilievi alla macellazione

Le caratteristiche della carcassa (Tabella 2) sono state influenzate dal livello di fibra della dieta. Le carcasse provenienti dal gruppo "HF" (Tabella 2) hanno mostrato, come ci si aspettava, valori significativamente più bassi per peso, spessore del grasso dorsale a livello della prima e ultima vertebra toracica, del muscolo gluteo

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

medio, e dell'indice di compattezza, mentre, nessuna differenza significativa tra i due gruppi è stata osservata per la resa alla macellazione (Tabella 2). Tali risultati sono in linea con quanto già osservato da Zoiopoulos (1989) che riferisce che alti livelli in fibra nella dieta del suino comportano una riduzione dello spessore del grasso della carcassa ed un aumento, conseguentemente, dell'incidenza percentuale dei tagli magri. Coey and Robinson (1954) riportano che alti livelli in fibra della dieta riducono la resa alla macellazione per un aumento del volume di stomaco e grosso intestino.

Performance simili, sono state comunque osservate in suini Large White x Cinta Senese (Campodoni *et al.*, 1999) e suini Nero Siciliano (Chiofalo *et al.*, 2007; Pugliese *et al.*, 2003) tenuti allo stato brado, che allevati in plein air (Liotta *et al.*, 2005).

4.3 Caratteristiche fisiche e nutrizionali della carne

Il diverso tenore in fibra della dieta non ha influenzato le caratteristiche fisiche (Tabella 3) e chimiche (Tabella 4) della carne come anche la composizione acidica (Tabella 5) e,

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

conseguentemente, gli indici di qualità, Aterogenico e Trombogenico dei due gruppi.

I valori di pH_1 e pH_u registrati (Tabella 3) hanno indicato un buon processo di acidificazione delle carni in entrambi i gruppi e quindi un adeguato accumulo di glicogeno ed una relativa attività glicolitica (Monin, 1988). Tali valori di pH hanno conseguentemente influenzato positivamente le caratteristiche fisiche delle carni di entrambi i gruppi (Tabella 3). La corretta acidificazione delle carni provenienti dal gruppo HF appare un dato particolarmente interessante in relazione al fatto che nonostante il più basso contenuto in energia della dieta utilizzata dagli animali del gruppo HF rispetto al gruppo MF (Tabella 1) vi è stata evidentemente una utilizzazione energetica della fibra digeribile, in particolar modo dei suoi prodotti di fermentazione, principalmente acidi grassi a corta catena, la cui efficienza energetica è paragonabile al glucosio (Bindelle *et al.*, 2008). Comunque, i risultati ottenuti relativamente ai parametri fisici e nutrizionali rientrano nei ranges riportati da Chiofalo *et al.* (2007) e da Porcu *et al.* (2007) per questa razza suina autoctona.

5 CONCLUSIONI

La supplementazione di alti livelli in fibra nella dieta del suino ha peggiorato la performance e la digeribilità dei nutrienti anche se le caratteristiche fisiche e nutrizionali della carne non sono state influenzate dal trattamento alimentare.

Tale strategia alimentare può comportare numerosi vantaggi.

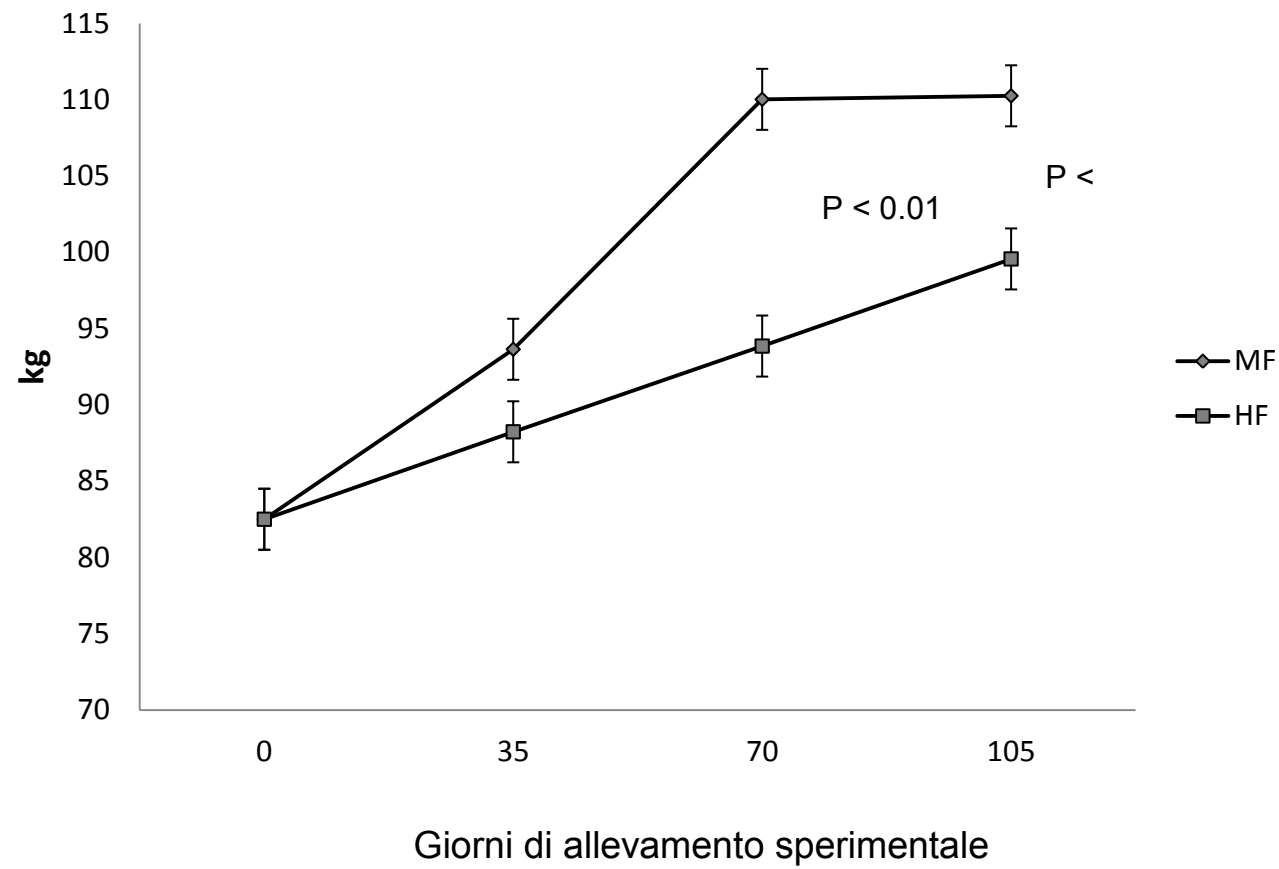
I foraggi (e/o altri alimenti fibrosi) potrebbero garantire una buona fonte proteica e di basso costo (possono essere coltivati anche in aziende agricole di piccola dimensioni con un considerevole riduzione dei costi di produzione) (Ogle, 2006), una ottima forma per l'utilizzazione e quindi lo smaltimento eco-compatibile di alcuni residui della lavorazione agro-industriale. Quindi l'utilizzazione di alimenti fibrosi di produzione locale potrebbe rappresentare una valida strategia di allevamento per migliorare significativamente la sostenibilità aziendale nel rispetto del tradizionale sistema di allevamento e del naturale comportamento alimentare di questa razza suina autoctona.

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

Grafico 1: Andamento del peso vivo di suini Nero Siciliano alimentati con diete sperimentali contenenti basso livello di NDF (MF) ed alto livello di NDF (HF)



Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

Tabella 3: Proporzione degli ingredienti del mangime pellettato, composizione chimica del mangime pellettato, del fieno polifita e delle due diete sperimentali contenenti basso livello di NDF (MF) ed alto livello di NDF (HF)

Ingredienti (g/kg SS)		Composizione chimica	Pellet*	Fieno	Dieta MF	Dieta HF
Mais	550	Sostanza Secca (%)	89.23	91.38	89.23	90.40
Favino	125	Sulla SS (%)				
Pisello	110	Umidità	10.77	8.62	10.77	9.60
Girasole farina (38% CP)	80	Proteine grezze (Nx6.25)	17.02	6.64	17.02	11.36
Tritello	70	Lipidi grezzi	3.78	1.25	3.78	2.40
Carruba	30	Fibra grezza	5.96	37.97	5.96	23.42
Melassa di canna	13	Ceneri	4.13	7.02	4.13	5.70
Carbonato di calcio	9	Fibra Neutro Detersa	18.33	70.15	18.33	46.59
Cloruro di sodio	4	Fibra Acido Detersa	7.44	48.03	7.44	29.58
L-Lysine HCL	4	Lignina	1.95	5.59	1.95	3.94
Fosfato bicalcico	4	Energia Digeribile (MJ/kg)			14.80	11.74
Metionina – DL	1					

*Integrazione per kg di Pellet: Vitamina A (15,000 IU), Vitamina D₃ (2,000 IU), Alpha-tocopherolo (40 mg), Vitamina B₁ (2 mg), Vitamina B₂ (5 mg), Vitamina B₆ (2 mg), Vitamina B₁₂ (0.02 mg), Acido Folico (1.75 mg), Zn (250 mg), Fe (300 mg), Mn (90 mg), Cu (25 mg).

Tabella 4: Valori medi (\pm ES) dei rilievi alla macellazione di suini Nero Siciliano alimentati con diete sperimentali contenenti basso livello di NDF (MF) ed alto livello di NDF (HF) *

Parametri	MF	HF	P
Peso Vivo Finale (kg)	110.25 \pm 2.53	99.56 \pm 1.99	0.014
Ingestione (kg/d)	1.5	2.2	NA
Incrementi ponderali medi giornalieri (kg/capo/d)	0.264 \pm 0.06	0.162 \pm 0.03	0.038
Indice di Conversione alimentare (kg/kg)	6.17 \pm 1.27	14.76 \pm 1.33	<.001
Peso Carcassa (kg)	90.86 \pm 2.31	78.80 \pm 2.55	0.005
Resa (%)	80.59 \pm 0.58	81.17 \pm 0.47	0.490
Lunghezza carcassa (cm)	81.30 \pm 1.25	83.33 \pm 1.28	0.289
Indice di Compattezza [†] (kg/cm)	1.12 \pm 0.06	0.95 \pm 0.03	0.003
Spessore grasso dorsale			
Prima vertebra toracica (cm)	4.83 \pm 0.29	3.86 \pm 0.25	0.018
Ultima vertebra toracica (cm)	3.44 \pm 0.18	2.76 \pm 0.16	0.021
Gluteo Medio (cm)	4.01 \pm 0.18	3.00 \pm 0.21	0.005

* I dati sono stati sottoposti ad ANCOVA per la variabile Peso Vivo, mettendo a covariata il peso vivo iniziale, mentre gli altri parametri sono stati sottoposti ad ANOVA; $P < 0.05$.

[†]Indice di Compattezza (peso carcassa/lunghezza carcassa).

[†] NA = non applicabile.

Tabella 5: Valori medi (\pm ES) relativi alle caratteristiche fisiche del muscolo *Longissimus lumborum* di suini Nero Siciliano alimentati con diete sperimentali contenenti basso livello di NDF (MF) ed alto livello di NDF (HF)^{*}

Parametri	MF	HF	P
pH ₁ (45 min)	6.28 \pm 0.05	6.38 \pm 0.07	0.14
pH _u (24 h)	5.65 \pm 0.03	5.64 \pm 0.05	0.41
Luminosità (L [*])	46.35 \pm 0.53	46.68 \pm 0.57	0.68
Indice del rosso (a [*])	10.96 \pm 0.32	11.41 \pm 0.34	0.33
Indice del giallo (b [*])	12.36 \pm 0.48	13.43 \pm 0.51	0.13
Tinta [†]	0.84 \pm 0.02	0.86 \pm 0.03	0.36
Croma [‡]	16.57 \pm 0.47	17.68 \pm 0.50	0.12

^{*} I dati sono stati sottoposti ad ANOVA; $P < 0.05$.

[†]Tinta = $\tan^{-1}(b/a)$

[‡]Croma = $(a^2 + b^2)^{1/2}$

Tabella 6: Valori medi (\pm ES) relativi alla composizione chimica del muscolo *Longissimus lumborum* (g/100g) di suini Nero Siciliano alimentati con diete sperimentali contenenti basso livello di NDF (MF) ed alto livello di NDF (HF)*

Parametri	MF	HF	P
Umidità	70.46 \pm 0.40	71.13 \pm 0.42	0.32
Proteine grezze	22.70 \pm 0.41	23.07 \pm 0.44	0.56
Lipidi grezzi	5.59 \pm 0.42	4.59 \pm 0.45	0.12
Ceneri	1.11 \pm 0.02	1.14 \pm 0.03	0.11

* I dati sono stati sottoposti ad ANOVA; $P < 0.05$.

Tabella 7: Valori medi (\pm ES) relativi alla composizione acidica dei lipidi intramuscolari del muscolo *Longissimus lumborum* ($\%^{\dagger}$) in suini Nero Siciliano alimentati con diete sperimentali contenenti basso livello di NDF (MF) ed alto livello di NDF (HF)*

Parametri	MF	HF	P
SFA (Saturated fatty acids)	35.7 \pm 0.55	35.6 \pm 0.54	0.47
MUFA (Monounsaturated fatty acids)	58.9 \pm 0.56	58.6 \pm 0.51	0.36
PUFA (Polyunsaturated fatty acids)	5.44 \pm 0.19	5.79 \pm 0.20	0.12
n-3 PUFA	0.15 \pm 0.01	0.17 \pm 0.01	0.12
n-6 PUFA	5.29 \pm 0.17	5.62 \pm 0.19	0.12
UFA/SFA	1.81 \pm 0.04	1.81 \pm 0.04	0.46
PUFA/SFA	0.15 \pm 0.006	0.16 \pm 0.006	0.13
Indice Aterogenico	0.44 \pm 0.01	0.44 \pm 0.01	0.32
Indice Trombogenico	1.08 \pm 0.02	1.08 \pm 0.02	0.45

† per cento sul totale degli acidi grassi indentificati.
 * I dati sono stati sottoposti ad ANOVA; $P < 0.05$.

Figura 1: campione di feci prelevato e passato al setaccio per la determinazione delle frazioni indigerite “Undigested Fraction” (UF) che permette di stimare la digeribilità quantitativa ed il tasso di passaggio degli alimenti in suini Nero Siciliano alimentati con diete sperimentali contenenti basso livello di NDF (MF) ed alto livello di NDF (HF).

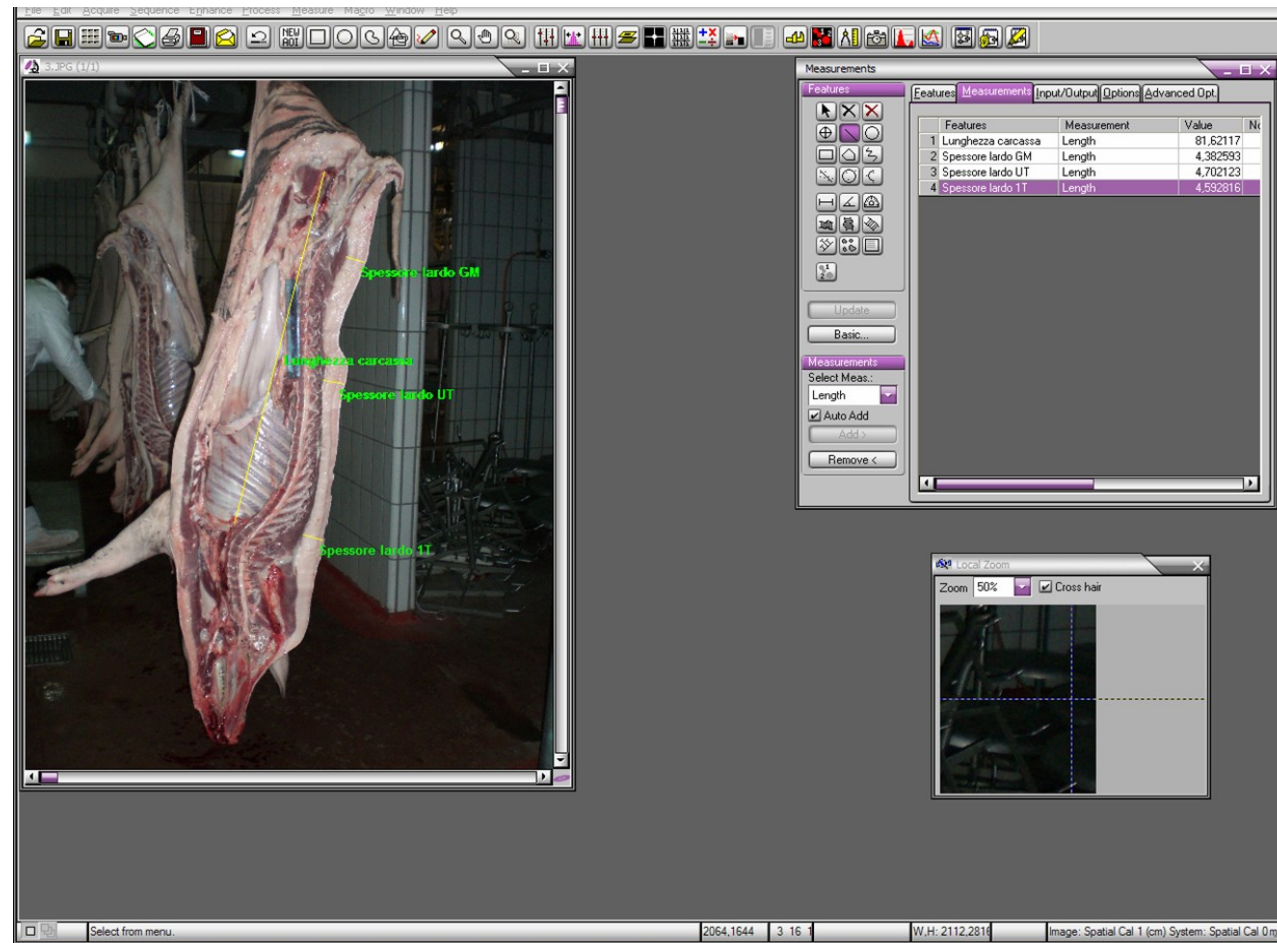


Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

Figura 2: Misurazioni effettuate su mezzena mediante l'impiego di un sistema di analisi d'immagine computerizzato; misurato lo spessore del grasso dorsale a livello della prima (PT) e ultima vertebra toracica (UT), del muscolo gluteo medio (GM) e la lunghezza della carcassa.



Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

6 BIBLIOGRAFIA

Aarnink A.J.A. & Verstegen M.W.A., 2007. Nutrition, key factor to reduce environmental load from pig production. *Livest. Sci.*, 109, 194-203.

Acciaioli A., Pianaccioli L. (2004). Nutrizione e alimentazione. La Cinta Senese gestione attuale di una razza antica. pp 57-84.

Anonimo (1996), Agricoltura biologica. Foraggi per suini, (10), 3, 22-24.

AOAC, Association of Official Analytical Chemists, 2007. Official Methods of Analysis, 18th edition. Rev. 2. Washington, DC.

Asp N.G., 1996. Dietary carbohydrates: classification by chemistry and physiology. *Food Chem.*, 57, 9-14.

ASPA, Scientific Association of Animal Production, 1991. Metodologie relative alla macellazione degli animali di interesse zootecnico ed alla valutazione e dissezione della loro carcassa. ISMEA, Roma, Italy.

ASPA, Scientific Association of Animal Production, 1996. Metodiche per la determinazione delle caratteristiche qualitative della carne. Perugia, Italy.

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

Aumaitre A. L. (2002), I limiti del ricorso ai foraggi, Rassegna suinicola internazionale, 24-Aprile, 15.

Awati A. et al., 2005. Effect of substrate adaptation on the microbial fermentation and microbial composition of faecal microbiota of weaning piglets studied in vitro. J. Sci. Food Agric., 85, 1765- 1772.

Bindelle J. et al., 2005. A rapid estimation of nitrogen bound to neutral detergent fibre in forages by near infrared reflectance spectroscopy. In: O'Mara F.P. et al. Proceedings of the XXth International Grassland Congress. June 26th - July 1st, 2005. Dublin: University College Dublin, 259.

Bindelle, J., Buldgen, A., Leterme, P., 2008. Nutritional and environmental consequences of dietary fibre in pig nutrition: a review. <http://popups.ulg.ac.be/Base/document.php?id=2179>

Bosi P., Gremokolini C., Piattoni F. (2001). Alimentazione e sanità delle scrofe. Rivista di suinicoltura n. 3 : 73-81.

Campodoni, G., Franci, G., Acciaioli A., 1999. In vita performances and carcass traits of Large White x Cinta Senese pigs reared outdoor and indoor. Proceeding of the XIII ASPA Congress, p. 555-557. Piacenza, Italy.

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

Canh T.T. et al., 1998. Dietary carbohydrates alter the fecal composition and pH and the ammonia emission from slurry of growing pigs. J. Anim. Sci., 76, 1887-1895.

Canh T.T., Verstegen M.W.A., Aarnink A.J.A. & Schrama J.W., 1997. Influence of dietary factors on nitrogen partitioning and composition of urine and feces of fattening pigs. J. Anim. Sci., 75, 700-706

Capponi F. (2006). Alimentazione della scrofa, le fibre sono importanti. Rivista di Suinicoltura n. 2: 101-109.

Chabeauti E., Noblet J. & Carré B., 1991. Digestion of plant cell walls from four different sources in growing pigs. Anim. Feed Sci. Technol., 32, 207-213.

Chesson A., 1995. Dietary fiber. In: Stephen A.M. Food polysaccharides and their applications. New York: Marcel Dekker, 547-576.

Chiofalo L., Liotta L. (2003). Suino nero, una perla in terra di Sicilia. Rivista di Suinicoltura, n.10. 79-86.

Chiofalo, B., Lo Presti, V., Piccolo, D., Arena, G., 2007. Nero Siciliano pig: effect of the diet on meat quality. Ital. J. Anim. Sci. 6, 679.

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

Chiofalo, V., Zumbo, A., Liotta, L., Chiofalo, B., 2007. In vivo performance and carcass trait of Nero Siciliano pigs reared outdoor and in plein air. Options. Méditerran. 76, 39-42.

Coey, W.F., Robinson, K.L., 1954. Some effects of dietary fibre on live weight gains and carcass conformation of pigs. J. Agr. Sci. 45, 41-47.

Costantini E. et Zarabara G., 2003. L'alimentazione del suino bio.

Courboulay V., Dubois A. & Meunier-Salaün M.C., 2001. La distribution d'aliments riches en fibres affecte l'activité alimentaire des truies gestantes logées en groupe. 33^{es} Journées de la Recherche Porcine, Paris, 30 janvier-1 février 2001. Paris : ITP, 307-312.

Christie W.W. 1993. Preparation of ester derivatives of fatty acid for chromatographic analysis. Advantec in lipid methodology :69-111

Danielson V., Lydehoj Hansen L., Moller F., Bejerholm C., and Nielsen S. (1999). Production results and sensory meat quality of pigs fed different amounts of concentrate and ad lib clover glass or clover glass silage. Ecological Animal Husbandry in the Nordic Countries. Proceedings from NJF-seminar N° 303, 79-86.

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

De Lange C., Van Milgen J., Dubois S. & Noblet J., 2006. Energy cost of ingesting and excreting indigestible material in growing pigs is minimal. *Anim. Res.*, 55, 551-562.

Dell'Orto, V., Savoini, G., 2005. Alimentazione della vacca da latte. Edagricole, Bologna, Italy.

Della Casa G. (2003), Alcune considerazioni sulla qualità della carne suina prodotta con il metodo biologico. Volume ASPA 2003, 219-236.

Drochner W., Kerler A. & Zacharias B., 2004. Pectin in pig nutrition, a comparative review. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 88, 367-380

Giannone M. (2001), Sorgo e barbabietola per i suini biologici. *Rivista di suinicoltura – N 6 – 2001*, 38, 42.

Giannone M. (2002). Il maiale, il foraggio e la fibra grezza. *L'allevamento biologico del suino*. pp 122-125.

Jensen B.B. & Jensen M.T., 1995. Effect of diet composition on microbial production of skatole in the hindgut of pigs and its relation to skatole in backfat. In: Nunes A.F., Portugal A.V., Costa J.P. & Ribeiro J.R. *Proceedings of the 7th International Symposium on Protein Metabolism and Nutrition*, May 24-27th, 1995. Vale de Santarém, Portugal: EZN, 489-494.

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

Jensen B.B. & Jørgensen H., 1994. Effect of dietary fiber on microbial activity and microbial gas production in various regions of the gastrointestinal tract of pigs. *Appl. Environ. Microbiol.*, 60, 1897-1904.

Jost M. (1997), Use of garlic powder in the feed of rearing piglets. *Rev. Suisse agric.* 29,35-38

Kass M. L., Van Soest P. J., Pond W. G., Lewis BMcDowell R. E. (1980). Utilization of dietary fiber from alfalfa by growing swine. I. Apparent digestibility of diet components in specific segments of the gastrointestinal tract. *Journal of Animal Science* 50, 175-181.

Kreuzer M. & Machmüller A., 1993. Reduction of gaseous nitrogen emission from pig manure by increasing the level of bacterially fermentable substrates in the ration. In: Verstegen M.W.A., den Hartog L.A., Van Kempen G.J.M. & Metz J.H.M. *Proceedings of the 1st International Symposium on nitrogen flow in pig production and environmental consequences*, June 8-11th, 1993. Wageningen, The Netherlands: Pudoc Scientific Publishers, 151-156.

Kreuzer M. et al., 1998. Reduction of gaseous nitrogen loss from pig manure using feeds rich in easily-fermentable non-starch polysaccharides. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 73, 1-19.

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

Le Goff G., van Milgen J. & Noblet J., 2002. Influence of dietary fibre on digestive utilization and rate of passage in growing pigs, finishing pigs, and adult sows. *Anim. Sci.*, 74, 503-515.

Leser T.D. et al., 2002. Culture-independent analysis of gut bacteria: the pig gastrointestinal tract microbiota revisited. *Appl. Environ. Microbiol.*, 68, 673-690.

Leterme P. et al., 1996. Chemical composition of pea fibre isolates and their effect on the endogenous amino acid flow at the ileum of the pig. *J. Sci. Food Agric.*, 72, 127-134.

Liotta, L., Chiofalo, B., Zumbo, A., Chiofalo, V., 2005. Effects of different nutritional levels on Nero Siciliano pig performance. *Ital. J. Anim. Sci.* 4, 470-472.

Low A.G., 1982. Digestibility and availability of amino acids from feedstuffs for pigs: a review. *Livest. Prod. Sci.*, 9, 511-520.

Lydehoj Hansen L., Bejerholm C., Claudi-Magnussen C., and Andersen H. J. (2000), Effects of organic feeding including roughage on pig performance, technological meat quality and the eating quality of pork. 13th International IFOAM Ascientific Conference, 28 to 31 August, 288.

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

Macfarlane G.T. & Gibson G.D., 1995. Microbiological aspects of the production of short-chain fatty acids in the large bowel. In: Cumming J.H., Rombeau J.L., Sakota T. Physiological and clinical aspects of short-chain fatty acids. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 87-105

Macfarlane S., Macfarlane G.T. & Cummings J.H., 2006. Review article: prebiotics in the gastrointestinal tract. *Aliment. Pharmacol. Ther.*, 24, 701-714.

Martinez-Puig D. et al., 2003. Consumption of raw potato starch increases colon length and fecal excretion of purine bases in growing pigs. *J. Nutr.*, 133, 134-139.

May T., Mackie R. I., Fahey Jr. G. C., Cremin J. C., Garleb K. A. (1994). Effect of fiber source on short-chain fatty acid production and on the growth and toxin production of *Clostridium difficile*. *Scandinavian Journal of Gastroenterology* 19, 916-922.

Mazilis A. A. (1962). *Nutrition abstract and Reviews* 33:269

Meunier-Salaun M.C., 1999. Fibre in diets of sows. In: Garnsworthy P.C. & Wiseman J. Recent advances in animal nutrition. Nottingham, UK: Nottingham University Press, 57-273.

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

Moeser A.J. and T. van Kempen (2002) Dietary fiber level and xylanase affect nutrient digestibility and excreta characteristics in grower pigs. College of Agriculture & Life Sciences Department of Animal Sciences Extension Swine Husbandry Annual Swine Report 2002.

Monin G. 1988. Evolution post-mortem du tissu musculaire et conséquences sur les qualités de la viande de porc. Proc J Rech Porc Fr. France. 20:201–214.

Montagne L., Pluske J.R. & Hampson D.J., 2003. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. Anim. Feed Sci. Technol., 108, 95-117.

Mroz Z. et al., 1993. Preliminary studies on excretory patterns of nitrogen and anaerobic deterioration of faecal protein from pigs fed various carbohydrates. In: Verstegen M.W.A., de Hartog L.A., van Kempen G.J.M. & Metz J.H.M. Proceedings of the 1st International Symposium on nitrogen flow in pig production and environmental consequences, June 8-11th, 1993. Wageningen, The Netherlands: EAAP, 247-252.

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

Nahm K.H., 2003. Influence of fermentable carbohydrates on shifting nitrogen excretion and reducing ammonia emission of pigs. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.*, 30, 165-186.

Noblet J. & Le Goff G., 2001. Effect of dietary fibre on the energy value of feeds for pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 90, 35-52.

O'Doherty, J.V., Mc Glynn, S.G., Murphy, D., 2002. The influence of fibre level and fat supplementation in expander – processed diets on grower-finisher pig performance. *J. Sci. Food Agric.* 82, 1036-1043.

Ogle B., 2006. Forages for pigs: nutritional, physiological and practical implications. In: Preston T.R. & Ogle B. *Proceedings of the workshop-seminar on forages for pigs and rabbits, August 21-24th, 2006. Phnom Penh, Cambodia: MEKARN-CelAgrid, <http://www.mekarn.org/proprf/ogle.htm>, (19/07/07).*

Owusu-Asiedu A. et al., 2006. Effects of guar gum and cellulose on digesta passage rate, ileal microbial populations, energy and protein digestibility, and performance of grower pigs. *J. Anim. Sci.*, 84, 843-852.

Pastuszewska B., Kowalczyk J. & Ochtabińska A., 2000. Dietary carbohydrates affect caecal fermentation and modify nitrogen

excretion patterns in rats I. Studies with protein free diets. *Arch Anim. Nutr.*, 53, 207-225.

Phuc B.H.N., 2006. Review of the nutritive value and effects of inclusion of forages in diets for pigs. In: Preston T.R. & Ogle B. *Proceedings of the workshop-seminar on forages for pigs and rabbits*, August 21-24th, 2006. Phnom Penh, Cambodia: MEKARN-CelAgrid, <http://www.mekarn.org/proprf/phuc.htm>, (19/07/07).

Pirman T. et al., 2007. Dietary pectin stimulates protein metabolism in the digestive tract. *Nutrition*, 23, 69-75.

Pluske J.R. et al., 2003. Effects of different sources and levels of dietary fibre in diets on performance, digesta characteristics and antibiotic treatment of pigs after weaning. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 107, 129-142.

Pluske, J.R., Durmic, Z., Pethick, D.W., Mullan, B.P., Hampson, D.J., 1998. Confirmation of the role of rapidly fermentable carbohydrates in the expression of swine dysentery in pigs after experimental infection. *J. Nutr.* 128, 1737-1744.

Porcu, S., Madonia, G., Liotta, L., Margiotta, S., Chiofalo, V., Ligios, S., 2007. Physical characteristics of Longissimus lumborum muscle of

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

“Sarda” and “Nero Siciliano” pigs reared outdoor. Preliminary results. Ital. J. Anim. Sci. 6, 710.

Prohaszka L., Lukacs K. (1984). Influence of the diet on the antibacterial effect of volatile fatty acids on the development of swine dysentery. Zentralblatt fur Veterinar Medizin B 31, 779-785.

Pugliese, C., Madonia, G., Chiofalo, V., Margiotta, S., Acciaioli, A., Gandini, G., 2003. Comparison of the performances of Nero Siciliano pigs reared indoors and outdoors. 1. Growth and carcass composition. Meat Sci., 65, 825-831.

Robinson I.M., Whipp S.C., Bucklin J.A. & Allison M.J., 1984. Characterization of predominant bacteria from the colons of normal and dysentric pigs. Appl. Environ. Microbiol., 48, 964-969.

Rowan A.M., Moughan P.J. & Wilson M.N., 1992. The flows of deoxyribonucleic acid and diaminopimelic acid and the digestibility of dietary fibre components at the terminal ileum, as indicators of microbial activity in the upper digestive tract of ileostomised pigs. Anim. Feed Sci. Technol., 36, 129-141.

Russell J.B. et al., 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. J. Anim. Sci., 70, 3551-3561.

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

Sajilata M.G., Singhal R.S. & Kulkarni P.R., 2006. Resistant starch - a review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 5, 1-17.

SAS, 2001. SAS ® User's Guide, Version 8.1. SAS Institute Inc., North Carolina, USA.

Simantke C., Sundrum A., (2001), Auch Schweine schätzen Raufutter. *Bioland* 3/2001: 22-23.

Souffrant W., 2001. Effect of dietary fibre on ileal digestibility and endogenous nitrogen losses in the pig. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 90, 93-102.

Stanga I. (1948), *Suinicoltura pratica*. Terza edizione. Hoepli .Milano.

Teague H. S. (1955). *Journal of Animal Science* 14:621

Torrallardona D., Harris C.I. & Fuller M.F., 2003. Pigs'gastrointestinal microflora provide them with essential amino acids. *J. Nutr.*, 133, 1127-1131.

Trowell H., 1976. Definition of dietary fibre and hypothesis that it is a protective factor in certain diseases. *Am. J. Clin. Nutr.*, 29, 417-427.

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

Ulbricht, T.L.V., Southgate, D.A.T., 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet* 338, 985-992.

Valfrè F., Spinnato G., Silvestrelli M., Olivieri O. (1986). Caratteristiche dell'intestino in suini Neri delle Madonie ed in loro meticci con Large White. *Rivista di Suinicoltura*, 3, 51-54

Varel V. H., Pond W. G. (1985). Enumeration and activity of cellulolytic bacteria from gestating swine fed various levels of dietary fiber. *Applied and Environmental Microbiology* 49, 858-862.

Varel V.H. & Yen J.T., 1997. Microbial perspective on fiber utilization by swine. *J. Anim. Sci.*, 75, 2715-2722.

Wenk C., 2001. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 90, 21-33.

Wilfart, A., Montagne, L., Simmins, H., Noblet, J., van Milgen, J., 2007. Effect of fibre content in the diet on the mean retention time in different segments of the digestive tract in growing pigs. *Livest. Sci.* 109, 27-29.

Williams B.A., Verstegen M.W.A. & Tamminga S., 2001. Fermentation in the large intestine of single-stomached animals and its relationship to animal health. *Nutr. Res. Rev.*, 14, 207-227.

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari

Younes H. et al., 1996. A blend of dietary fibers increases urea disposal in the large intestine and lowers urinary nitrogen excretion in rats fed a low protein diet. *Nutr. Biochem.*, 7, 474-480.

Zervas S. & Zijlstra R.T., 2002. Effects of dietary protein and fermentable fiber on nitrogen excretion patterns and plasma urea in grower pigs. *J. Anim. Sci.*, 80, 3247-3256.

Zoiopoulos, P.E., 1989. Effect of feeding high fibre feeds to pigs. *Options Méditerran.* 3, 147-150.

Dora Sciacca,

Strategie nutrizionali per l'ottimizzazione delle performance produttive del suino Nero Siciliano. Effetti del tenore in fibra della dieta sugli indici zootecnici e sulla qualità della carne,

Tesi di dottorato in Riproduzione, Produzione, Benessere Animale e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale; Indirizzo in: Produzione e Sicurezza degli Alimenti di Origine Animale, Università degli Studi di Sassari